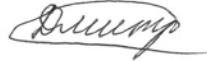


На правах рукописи



ДМИТРИЕВ ВЛАДИМИР ТИМУРОВИЧ

**АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И
ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ
АКУСТИЧЕСКИХ ПОМЕХ И ШУМОВ В
РАДИОКАНАЛЕ**

2.2.13. Радиотехника, в том числе системы
и устройства телевидения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Рязань 2023

Работа выполнена на кафедре радиоуправления и связи ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

Научный консультант **А н д р е е в Владимир Григорьевич**
д-р техн. наук, профессор ФГБОУВО «РГРТУ»

Официальные оппоненты: **Л е в и н Евгений Калманович**
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры радиотехники и радиосистем ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

П р и о р о в Андрей Леонидович
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

Х а р л а м о в Александр Александрович
д-р техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории нейроонтогенеза института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

Ведущая организация **ФГКВООУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», г.Орел**

Защита состоится «20» октября 2023 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.375.03 в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина».

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина».

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.375.03
д-р техн. наук, доцент



Г.В. Овечкин

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования состоит в необходимости повышения качественных показателей радиотехнических систем обработки и передачи речевых сигналов (РС) в условиях акустических помех (АП) и шумов в радиоканале, на основе принципов адаптивной обработки сигналов. Применение адаптивных цифровых систем в этих условиях при обработке позволяет получить потенциально возможные характеристики радиотехнических устройств. Значительный вклад в области обработки речевой информации в радиотехнических системах внесли как зарубежные ученые – Г. Фант, Дж. Фланаган, Дж. Д. Маркел, А.Х. Грей и другие, так и отечественные – Л.М. Гольденберг, М.А. Сапожков, В.П. Яковлев, М.В. Назаров, Ю.Н. Прохоров, А.А. Ланнэ, В.Н. Сорокин, Ю.К. Калинин, Г.В. Вемян, А.И. Величкин и др.

При практической реализации цифровых устройств обработки информации возникают трудности, связанные с тем, что спектр ограниченного во времени сигнала бесконечен в частотной области; идеальный низкочастотный фильтр, требуемый для точного восстановления сигнала, физически нереализуем; число выборки сигнала ограничено. В результате при практической реализации теоремы отсчетов В.А. Котельникова возникают ошибки наложения, вызванные бесконечным спектром сигнала, усечения, обусловленные конечным числом отсчетов, и округления, связанные с неточностью представления отсчетных значений в цифровом виде. Для уменьшения перечисленных ошибок, а также для снижения вычислительных затрат возможно производить обработку сигналов на основе алгоритма, предложенного Я.И. Хургиным и В.П. Яковлевым. По сравнению с алгоритмом восстановления сигналов на основе теоремы В.А. Котельникова алгоритм Хургина – Яковлева обеспечивает возможность отдельной обработки как сигнала с верхней частотой спектра F , так и $N-1$ его первых производных, взятых с частотой дискретизации. В то же время, данный алгоритм не обеспечивает точного восстановления исходного сигнала за счет неточности фазового спектра. Поэтому необходима модификация данного алгоритма, позволяющая уменьшить ошибку при восстановлении сигнала, за счет коррекции ФЧХ синтезирующего фильтра.

Существующие алгоритмы первичного кодирования РС для радиосистем передачи информации (РСПИ) должны обеспечивать максимально высокое качество принятой речи (КПР) при минимальной избыточности передаваемого РС, обеспечивая минимально возможную скорость передачи в канале связи. Кроме того, они должны обеспечивать приемлемое качество восстановленной речи при действии АП и шумов в канале связи.

При реализации адаптивных систем передачи речевой информации важным является решение научной проблемы оценки качества восстановленной речи. Для РСПИ, работающих в реальном масштабе времени, необходима разработка алгоритма объективной оценки качества, обеспечивающей нужную корреляцию с данными усреднённой субъективной оценки. Кроме того, необходима разработка алгоритма оценки АП в паузах речи, обеспечивающего оценку вида АП и отношения сигнал-шум. Для обеспечения восстановления радиосвязи при сбое синхронизации необходимо разработать алгоритм оценки параметров используемого первичного кодека.

Для повышения эффективности РСПИ могут использоваться алгоритмы адаптации систем передачи информации за счет изменения параметров или алгоритмов первичного кодирования. Под эффективностью понимаются качество восстановленного сигнала, помехоустойчивость при действии АП и шумов в канале связи, снижение вычислительных затрат, а также снижение ошибок обработки. Для известных адаптивных систем передачи и обработки не существует протоколов или алгоритмов автоматической адаптации, когда осуществляется автоматический переход от одного алгоритма кодирования к другому. Не известны исследования первичных кодеков речи при действии АП и шумов в канале связи. Поэтому необходимо провести исследования первичных кодеков при действии АП, а также шумов и искажений в канале связи. Оптимизационная задача выбора алгоритмов первичного и канального кодирования рассмотрена в работах А.А. Ланнэ, В.В. Бабкина. Для решения данной задачи в работе предусмотрено создание адаптивной системы, включающей первичный и помехоустойчивый кодек, обеспечивающий хорошее качество восстановленного РС на выходе приемной части системы.

Наряду с помехоустойчивостью передаваемой информации важным критерием в ряде случаев является защищенность передаваемой информации. При этом использование алгоритмов защиты зачастую снижают помехоустойчивость и КПП. Поэтому необходимо рассмотреть вопросы адаптации защищенных РСПИ с целью обеспечения требуемой степени защиты и помехоустойчивости передаваемой информации. Применение модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивает дополнительную защиту речевой информации в алгоритмах маскирования, а также реализацию алгоритма защиты фонограмм от фальсификаций с возможностью восстановления исходной фонограммы. Необходимо рассмотреть возможности повышения защищенности систем передачи речевой информации за счет использования алгоритмов первичного и помехоустойчивого кодирования.

Для изучения РСПИ на основе модификации алгоритма Хургина-Яковлева необходимо рассмотреть методику проектирования сетей передачи речевой информации на основе предложенного алгоритма, вопросы рационального выбора алгоритма первичного кодирования при передаче речевой информации. На основе предложенных в данной диссертации алгоритмов необходимо рассмотреть вопросы разработки адаптивной системы передачи, обработки и хранения РС с возможной защитой, а также применения модификации алгоритма Хургина – Яковлева.

Научная проблема: повышение помехоустойчивости и качества восстановленного речевого сигнала, снижение скорости передачи в адаптивных системах обработки и передачи в условиях акустических помех и шумов в радиоканале, а также улучшение защиты от несанкционированного доступа, выявление преднамеренных искажений и восстановление исходной информации при фальсификации.

Объект исследования: адаптивные радиосистемы обработки и передачи речевых сигналов в условиях акустических помех и шумов в радиоканалах, а также предполагаемого несанкционированного доступа к ним.

Предмет исследования: методы и алгоритмы обработки и передачи речевых сигналов в условиях акустических помех и шумов в радиоканале.

Цель и задачи работы: разработка адаптивных систем обработки и передачи речевых сигналов в условиях акустических помех и шумов в радиоканале для повышения помехоустойчивости, робастности к сложной акустической обстановке, улучшения качества и разборчивости передаваемой речевой информации, повышения эффективности использования частотного ресурса, снижения требований к используемым аппаратным средствам за счет уменьшения вычислительных затрат, а также улучшения защиты каналов передачи от несанкционированного доступа.

Поставленная цель работы включает решение следующих **задач**:

1. Разработать алгоритм параллельной обработки в радиотехнических системах на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева.
2. Рассмотреть вопросы реализации кодеков речевых сигналов в радиотехнических устройствах на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева.
3. Разработать и исследовать алгоритмы обработки речевых сигналов в радиоканале при действии акустических помех и шумов в канале связи.
4. Разработать и исследовать алгоритмы оценки качества речи,

наличия голосовой активности и параметров первичного кодека при действии акустических помех и шумов в канале связи.

5. Разработать алгоритмы адаптивной передачи речевых сигналов.

6. Разработать алгоритмы защиты речевых сигналов и восстановления фонограмм от фальсификаций.

7. Осуществить проектирование и реализацию систем и сетей передачи, обработки и хранения информации на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева.

Методы исследований. В данной диссертационной работе использовались методы статистической радиотехники и математической статистики, вариационного и матричного исчисления, вычислительной математики и теории вейвлет-функций. Данные теоретические методы сочетались с экспериментальными исследованиями на основе имитационного моделирования.

Научное и практическое значение полученных результатов состоит в разработке адаптивных систем обработки РС, обеспечивающих повышение помехоустойчивости при действии АП и шумов в РСПИ.

Достоверность научных положений работы, основных её результатов и выводов определяется корректным использованием математического аппарата, физически обоснованных моделей радиотехнических сигналов и подтверждается совпадением в частных случаях полученных данных с известными, а также близостью результатов натуральных и полунатурных экспериментов, имитационного моделирования и теоретических расчётов.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Модификация алгоритма Хургина – Яковлева, обеспечивающая выигрыш в помехоустойчивости до 5 дБ при числе каналов обработки от 2 до 4, при этапах разложения от 1 до 3, а также возможности параллельной обработки и снижения вычислительных затрат.

2. Алгоритмы кодирования РС на основе модифицированного алгоритма Хургина-Яковлева, обеспечивающие улучшение качества восстановленной речи от 0,2 до 1 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 без снижения скорости передачи, а также уменьшение скорости передачи при незначительном снижении качества речи.

3. Алгоритм комплексной оценки качества речи на выходе первичных кодеков при действии акустических помех и шумов в радиоканале, обеспечивающий соответствие с объективной оценкой с точностью до 0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95.

4. Алгоритмы адаптации первичных кодеков РС, обеспечивающие адаптацию скорости передачи при изменении вида и мощности акустических шумов за счет выбора алгоритма кодирования и его параметров.

5. Алгоритмы адаптации первичных кодеков, обеспечивающие возможность уменьшения влияния шумов в канале связи, при незначительном увеличении скорости передачи (не более 20...30 %).

6. Алгоритм совместного маскирования и защиты фонограмм от фальсификаций на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, обеспечивающий дополнительную криптостойкость от 10^6 до 10^9 ключей, уменьшение остаточной разборчивости маскированной речи до 0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95, а также возможность обнаружения фальсификаций фонограмм и их восстановления.

Научная новизна. В рамках данной диссертационной работы получены следующие новые научные результаты:

1. Предложена модификация алгоритма Хургина – Яковлева, обеспечивающая точность восстановления РС при количестве каналов $N=2$, более простую реализацию синтезирующих фильтров, параллельную обработку сигналов, а также выигрыш в помехоустойчивости.

2. Рассмотрены возможности реализации банков фильтров на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева при двухканальной системе $N=2$ и трехэтапной обработке, что обеспечит выигрыш в количестве вычислительных операций при реализации алгоритма БПФ Кули – Тьюки по сравнению с аналогичными системами на основе теоремы В.А. Котельникова.

3. Рассмотрены реализации первичных кодеков РС на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Показано, что применение данного представления позволяет уменьшить шумы квантования, а также воздействие помех и искажений на каналы отсчетов прореженных сигналов и производной.

4. Проведены исследования влияния акустических помех и шумов в радиоканале на качество речи на выходе первичных кодеков на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Выделены алгоритмы первичного кодирования, обеспечивающие наилучшее качество восстановленной речи в отдельных скоростных диапазонах.

5. Разработаны и исследованы алгоритмы уменьшения влияния помех и искажений в радиоканале, а также акустических помех на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева, и алгоритмы восстановления РС по спектральным отсчетам в низкоскоростных кодеках на основе итерационных методов, и осуществлена их регуляризация.

6. Предложены алгоритмы оценки качества речи на основе метода изменения спектральной динамики, а также комплексного алгоритма оценки качества речи, обеспечивающие корреляцию полученной объ-

ективной оценки с усредненной субъективной оценкой.

7. Обоснован двухэтапный комплексный алгоритм определения голосовой активности. Показано, что применение данного алгоритма обеспечит более точное выделение границ пауз.

8. Предложены алгоритмы оценки параметров первичного кодирования, обеспечивающие определение основных алгоритмов первичного кодирования.

9. Предложены алгоритмы адаптации первичных кодеков речи к акустическим помехам на основе определения параметров акустических помех в паузах РС.

10. Предложены алгоритмы адаптации первичного и помехоустойчивого кодеков к искажениям и пропадающим блокам отсчетов в радиоканале.

11. Предложены алгоритмы адаптации первичного кодека к условиям распространения и темпу речи диктора. Показано, что применение данного алгоритма обеспечивает улучшение качества восстановленной речи в низкоскоростном кодеке при увеличенном темпе диктора.

12. Предложены алгоритмы маскирования РС на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева во временной и спектральной областях, обеспечивающие дополнительную криптостойкость, а также уменьшение остаточной разборчивости маскированного РС.

13. Предложен алгоритм защиты фонограмм от фальсификаций на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, обеспечивающий обнаружение фальсификаций типа «вставка ложного фрагмента» и «удаление истинного фрагмента», определение фальсификации фонограммы, восстановление фальсифицированного фрагмента.

14. Предложен адаптивный алгоритм защиты РС, осуществляющий адаптацию к акустическим помехам и шумам в канале связи, скорости передачи, а также к требованиям к защищенности передаваемой информации.

15. Разработаны методики выбора первичных кодеков при действии акустических помех и шумов в канале связи, обеспечивающие многокритериальный выбор первичного кодека для различных радиосистем передачи информации.

Внедрение научных результатов диссертационной работы проведено в разработки 8 предприятий и организаций, что подтверждено 8 актами внедрения: ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем», ОА «Транснефть – Диаскан»; ПАО «Мобильные ТелеСистемы», филиал г. Рязань; Филиал ПАО «Ростелеком» в Тульской и Рязанской областях;

Филиал ОА «РКЦ "Прогресс" – ОКБ "Спектр"», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища.

Апробация работы произведена в форме научных докладов по основным результатам диссертационной работы и дискуссий, которые состоялись более чем на ста научно-технических и научно-практических конференциях, семинарах, симпозиумах и форумах, в том числе сто всероссийских и международных.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 186 научных работ, в том числе 25 статьи в изданиях, входящих в список рекомендованных ВАК для опубликования результатов докторских диссертаций, более 143 тезисов и материалов докладов на всероссийских и международных научно-технических конференциях, получено 2 патента РФ, 16 свидетельств, опубликовано 40 отчётов об имеющих гос. регистрацию НИР и ОКР, в 12 из которых автор диссертации был ответственным исполнителем, а в 5 — научным руководителем. Кроме того, опубликовано 50 методических пособий, из них 7 учебных пособий и 1 коллективная монография. Без соавторства издано свыше 20 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, входящих в список рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 279 наименований и 7 приложений. Диссертация содержит 377 с., в том числе 288 с. основного текста, 39 таблиц и 104 рисунка.

Содержание диссертации

Во введении проведено обоснование применения адаптивных систем обработки и передачи РС в условиях АП и шумов в радиоканале. Обосновано применение алгоритмов оценки параметров АП, оценки качества речи, оценки ошибки в канале связи, а также модификации алгоритма Хургина-Яковлева в адаптивных системах обработки и передачи.

В первой главе проведена разработка алгоритма параллельной обработки сигналов в радиоканале на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Проведенные исследования показали целесообразность использования модификации алгоритма Хургина – Яковлева в обработке и передаче информации с целью снижения порядка синтезирующих фильтров при той же ошибке восстановления сигналов, увеличения помехоустойчивости, а также снижения вычислительных затрат за счет распараллеливания обработки децимированных отсчетов

сигнала и производной.

Разработана модификация алгоритма Хургина – Яковлева при различном количестве каналов обработки ($N=2, 3, 4$). Показана возможность точного восстановления РС при двухканальном алгоритме, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

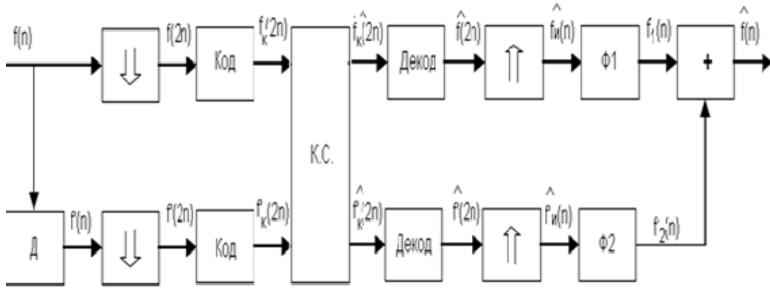


Рисунок 1 – Структурная схема алгоритма обработки и передачи сигналов на основе алгоритма Хургина – Яковлева при $N=2$

Получены АЧХ и ФЧХ синтезирующих фильтров для модификации алгоритма Хургина – Яковлева в двухканальном, трехканальном и четырехканальном алгоритме обработки и передачи речевой информации. Показана более простая реализация синтезирующих фильтров на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, так они имеют меньший уровень боковых лепестков импульсной характеристики. Исследованы реализационные возможности синтезирующих фильтров по формуле:

$$\eta(P) = [\delta_x(P) - \delta_K(P)] / \delta_x(P), \quad (1)$$

где $\delta_K(P)$, $\delta_x(P)$ – СКО восстановленного сигнала $\hat{f}_K(n)$ и $\hat{f}_x(n)$ на выходе синтезирующих нерекурсивных фильтров В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева соответственно. На рисунке 2 показаны графики эффективности алгоритма обработки и передачи информации на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Показано, что реализация синтезирующих нерекурсивных фильтров на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивает выигрыш по СКО η для случайного процесса с равномерным спектром $\eta_u = (40...60) \%$ при $P=10...100$, а для РС – $\eta_{sp} = (0...45) \%$ при $P=40...100$ по сравнению с аналогичными фильтрами на основе теоремы В.А. Котельникова.

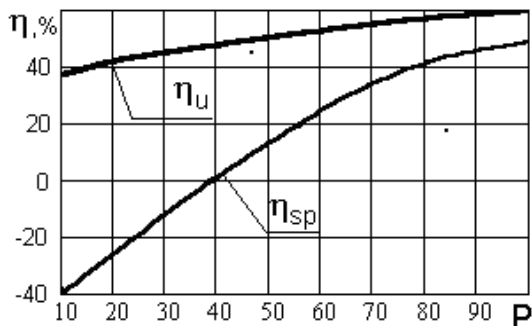


Рисунок 2 – Эффективность алгоритма обработки и передачи информации на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева

Произведена оценка точности вычисления производных сигнала для различных алгоритмов. Показано, что использование алгоритма получения производной в спектральной области позволит получить минимальные ошибки при восстановлении РС. На рисунке 3 представлены зависимости среднеквадратической ошибки (СКО), η восстановления сигнала от нормированной частоты $F_n = F_\delta / F_K$, F_δ – частота дискретизации, F_K – частота Котельникова, для различных алгоритмов получения отсчетов производной: кривая 2 – при использовании полиномиальной интерполяции многочленом четвертой степени; 3а – в частотной области или 3б – при помощи разложения в ряд Фурье; кривая 4 – при использовании аналитической производной.

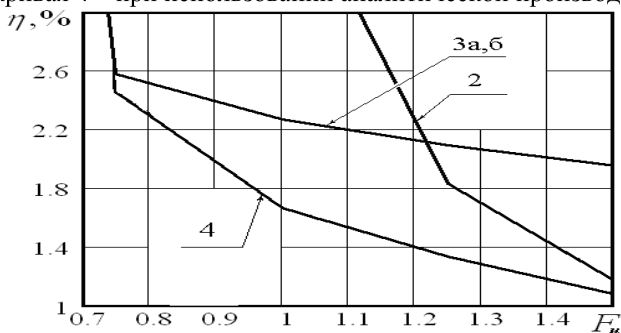


Рисунок 3 – Зависимости СКО восстановления сигнала от нормированной частоты

Произведена оценка помехоустойчивости и точности предложен-

ного алгоритма обработки РС. Показано, что с точки зрения точности модификация алгоритма Хургина – Яковлева при двухканальной реализации $N=2$ может использоваться для различных кодеков РС, при трехканальной реализации $N=3$ – для среднескоростных и низкоскоростных кодеков, а при четырехканальной реализации $N=4$ – только для низкоскоростных кодеков РС. Также показано, что с ростом количества каналов (с 2 до 4) помехоустойчивость алгоритма увеличивается, но возрастают ошибка и сложность реализации.

В таблице 1 приведены значения максимально возможного выигрыша помехоустойчивости Q , дБ, для систем обработки, построенных на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, относительно аналогичных систем, построенных на основе теоремы В.А. Котельникова, при различном числе каналов N , а также точность восстановления при реализации модифицированного алгоритма для РС в диапазоне $(0, F)$ ε_1 , дБ, а также для сигнала в диапазоне $[0, 2F]$ ε_2 , дБ.

Таблица 1 – Выигрыш помехоустойчивости, а также ошибки обработки для модификации алгоритма Хургина – Яковлева

Количество каналов N	2	3	4
Q , дБ	2,273	3,143	6,5
ε_1 , дБ $(0, F)$	200	23...26	18...23
ε_2 , дБ $[0, 2F]$	25...50	18...20	15...20

Рассмотрено двухэтапное и трехэтапное разложение РС согласно модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Показано, что с ростом количества этапов алгоритмы обработки сигналов, построенные на основе предложенного алгоритма, обеспечивают возрастание помехоустойчивости по сравнению с аналогичными системами обработки на основе теоремы В.А. Котельникова, но в то же время возрастают ошибки восстановления. Поэтому для точной обработки сигналов возможно применять модификацию алгоритма Хургина – Яковлева по двухканальной схеме при использовании двукратного и трехэтапного разложения. Ошибка при использовании трехэтапного разложения при этом не ниже 60...80 дБ, что достаточно для цифровой обработки РС и многих других видов сигналов. В низкоскоростных системах передачи РС, где ошибка 15...20 дБ считается допустимой, возможно использовать двукратное и трехкратное представление Хургина – Яковлева при числе каналов $N=3$ и $N=4$.

Исследован выигрыш в количестве вычислительных операций для модификации алгоритма Хургина – Яковлева по сравнению с классическим, при двухканальной системе $N=2$ и трехэтапной обработке (при

минимальной ошибке) выигрыш на 75 % больше (при количестве отсчетов 128), общее количество каналов при этом составит 8.

Относительный выигрыш вычислительных затрат в БПФ Кули – Тьюки для систем на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева при произвольном числе каналов N относительно алгоритмов обработки на основе теоремы В.А. Котельникова можно оценить по формуле:

$$M_{OXN^Z} = \frac{M_K}{M_{XN}} = \frac{K \cdot \log_2 K}{K \cdot \log_2 \frac{K}{N^Z}} = \frac{\log_2 K}{\log_2 \frac{K}{N^Z}} = \log_{K/N^Z} K. \quad (2)$$

В таблице 2 приведен относительный выигрыш в количестве вычислительных операций для БПФ Кули – Тьюки предложенного алгоритма при одноэтапном разложении при числе каналов 2 – M_{OX2} , при одноэтапном разложении при числе каналов 3 – M_{OX3} , при одноэтапном разложении при числе каналов 4 – M_{OX4} , при двухэтапном разложении при начальном числе каналов 2 – M_{OX2*2} , при двухэтапном разложении при начальном числе каналов 3 – M_{OX3*3} , при двухэтапном разложении при начальном числе каналов 4 – M_{OX4*4} , при трехэтапном разложении при начальном числе каналов 2 – $M_{OX2*2*2}$, при трехэтапном разложении при начальном числе каналов 3 – $M_{OX3*3*3}$, при трехэтапном разложении при начальном числе каналов 4 – $M_{OX4*4*4}$.

Таблица 2 – Эффективность обработки на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева относительно аналогичных алгоритмов на основе теоремы В.А. Котельникова

Число отсчетов	K=64	K=128	K=256	K=512	K=1024
M_{OX2}	1,2	1,167	1,143	1,125	1,111
M_{OX3}	1,36	1,293	1,247	1,214	1,188
M_{OX2*2}, M_{OX4}	1,5	1,4	1,333	1,286	1,25
M_{OX3*3}	2,12	1,828	1,656	1,544	1,464
M_{OX4*4}	3	2,333	2	1,8	1,667
$M_{OX2*2*2}$	2	1,75	1,6	1,5	1,429
$M_{OX3*3*3}$	4,82	3,118	2,465	2,12	1,907
$M_{OX4*4*4}$	-	7	4	3	2,5

Применение банков фильтров на основе модификации алгоритма

Хургина – Яковлева позволяет снизить требования к сигнальным процессорам и значительно удешевить реализацию данных кодеков за счет конвейерной схемы обработки.

Цель первой главы — разработка алгоритма параллельной обработки в РСПИ на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева.

Вторая глава посвящена разработке кодеков РС в радиотехнических устройствах на основе модификации представления Хургина – Яковлева. Показана эффективность применения предложенного алгоритма в кодеках АДИКМ, позволяющего увеличить ОСШ квантования на 1...3,5 дБ, а также повысить ОСШ при действии АП на 0,5...3 дБ при скоростях передачи 8...48 кбит/с. На рисунке 4 показаны зависимости выигрыша Δq в отношении сигнал-шум квантования q на выходе систем кодирования на основе модификации представления Хургина – Яковлева по сравнению с известными кодеками на основе теоремы В.А. Котельникова от скорости C передачи для следующих первичных кодеков, реализованных на основе предложенной модификации алгоритма Хургина – Яковлева: 1-я кривая — ИКМ без компандера, 2-я кривая — ИКМ с компандером, 3-я кривая — блочная адаптивная ИКМ, 4-я кривая — АДИКМ с фиксированным предсказателем.

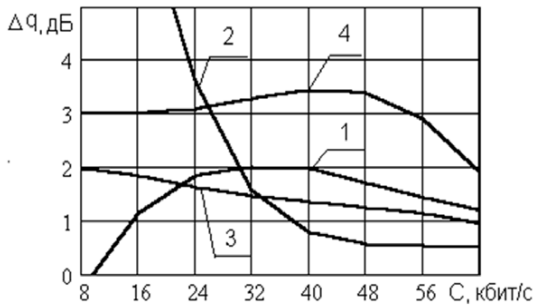


Рисунок 4 – Выигрыш в отношении сигнал-шум квантования от скорости кодека в системах на основе алгоритма Хургина – Яковлева

Разработан алгоритм оценки коэффициентов предсказания децимированных отсчетов производной по коэффициентам предсказания децимированных отсчетов сигнала. Показано, что применение данного алгоритма обеспечивает выигрыш в вычислительных затратах порядка двух раз по сравнению с аналогичными алгоритмами на основе теоремы В.А. Котельникова. Разработан полосовой вокодер на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, и получены значения критических полос для децимированных отсчетов сигнала и производной.

Показано, что применение предложенного алгоритма в полосовом вокоде позволит получить КПР на уровне 3,8 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при скорости передачи 4,8 кбит/с. Разработаны низкоскоростные кодеки на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева и кодека *CELP*. Получены оптимальные значения для параметров кодеров децимированных отсчетов сигнала и производной, позволяющие получить выигрыш в КПР до 0,5 согласно ГОСТ Р 50840-95 в рамках диапазона рабочих скоростей кодека *CELP*. Разработана модификация низкоскоростного кодека *Codec-2* на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Показано, что применение модификации алгоритма Хургина – Яковлева совместно с речевым кодеком *Codec2* позволяет обеспечить КПР при передаче со скоростью 575 бит/с на уровне 3...3,2 балла согласно ГОСТ Р 50840-95, что является достаточным и для применения данного кодека в линиях специальной и служебной связи. В таблице 3 приведены значения усредненных оценок качества восстановленной речи, определенных для известных стандартных и наиболее широко распространенных первичных кодеков речи. Для оценки качества РС при проведении экспериментальных исследований использовались шкала *MOS-LQO* и алгоритм оценки качества речи *PESQ*.

Таблица 3 – Качество речи на выходе первичных кодеков

Кодек	Скорость, кбит/с	Оценка качества кодеков на основе предложенного алгоритма	Оценка качества кодека на основе теоремы В.А. Котельникова	Выигрыш модификации алгоритма Хургина Яковлева
G.723.1	5,3	3,7	3,5	0,2
G.723.1	6,3	3,5	3,35	0,15
G.729.1	8	3,65	3,45	0,2
MELP	2	3,5	3,3	0,2
MELPe	0,6	2,6	2,3	0,3
MELPe	1,2	3	2,7	0,3
IMBE	4,4	3,6	3,4	0,2
Codec2	0,7	3,2	2,2	1
Codec2	0,45	3	1,8	1,2
EFR GSM	12,2	4,2	4	0,2
TETRA	4,56	3,8	3,65	0,15
AMBE +2	2,4	3,4	3,17	0,23
AMBE +2	3,6	3,3	3	0,3
AMR-WB	8,85	4	3,8	0,2

Исследовано совместное использование вейвлет-пакетного разложения (ВПР) и модификации алгоритма Хургина – Яковлева для сокращения избыточности передаваемой речи. На рисунке 5 приведены графики зависимостей оценки КПР от скорости передачи C , кбит/с, при вероятности ошибки в радиоканале 5 %. Под цифрой 1 обозначены оценки КПР на выходе стандартных низкоскоростных кодеков на основе теоремы В.А. Котельникова, под цифрой 2 – оценки КПР на выходе комбинации ВПР и стандартных низкоскоростных кодеков, под цифрой 3 – оценки КПР на выходе комбинации ВПР, модификации алгоритма Хургина – Яковлева и стандартных низкоскоростных кодеков. Показано, что применение вейвлет-пакетного разложения обеспечивает снижение скорости передачи речевого трафика, а применение модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивает дополнительную помехоустойчивость и повышение качества восстановленной речи до 0,7 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 относительно классических низкоскоростных кодеков на основе теоремы В.А. Котельникова.

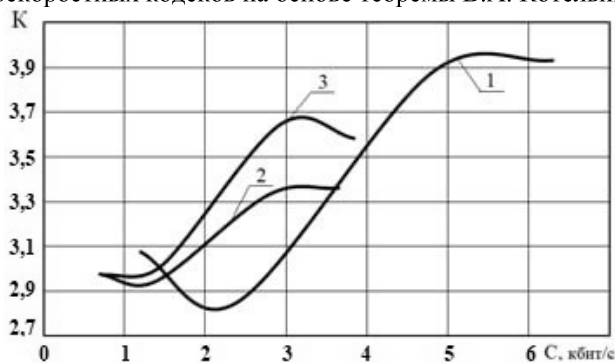


Рисунок 5 – Зависимости качества восстановленной речи в низкоскоростных кодеках РС

Предложен алгоритм на основе комплексного представления модификации алгоритма Хургина – Яковлева, когда комплексный сигнал представляется в следующем виде: $f_{\Sigma}(2n) = f(2n) + jf'(2n)$, где в качестве действительной части выступают децимированные отсчеты сигнала, а в качестве мнимой части – децимированные отсчеты производной. Показано, что применение данных методов позволяет увеличить КПР в полосовом вокодере на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева на 0,3...0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при скорости передачи 5,6...1,2 кбит/с.

Цель второй главы — разработка кодеков РС в радиотехнических устройствах на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева.

В третьей главе диссертации разработаны. Исследовано воздействие АП на кодеки РС на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Разработана методика выбора первичных кодеков при действии АП для ШП, УП и ИП в зависимости от ОСШ для низкоскоростных, среднескоростных и высокоскоростных кодеков. Показано, что кодеки на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева позволяют получить выигрыш в качестве восстановленной речи при действии АП до 0,3 балла согласно ГОСТ Р 50840-95. Определены алгоритмы, обеспечивающие наилучшее КПП при действии определенных АП (ШП, УП, ИП). Исследовано воздействие шумов и искажений в радиоканале на КПП на выходе кодеков речи. Разработана методика выбора первичных кодеков на основе теоремы В.А. Котельникова при действии искажений в радиоканале в зависимости от вероятности ошибки для низкоскоростных, среднескоростных и высокоскоростных кодеков. Кодеки РС, обеспечивающие наилучшее КПП при действии ошибок в радиоканале для заданных вероятностей ошибки.

Проведено исследование алгоритмов уменьшения влияния шумов в радиоканале: при использовании первой и второй производной. Показано, что наибольшую помехоустойчивость обеспечивает алгоритм уменьшения влияния шумов на основе первой производной в частотной области. Чуть меньшее КПП обеспечивает более простой для реализации алгоритм вычисления второй разности РС. Показано, что применение алгоритма уменьшения влияния шумов в радиоканале при кодировании РС с использованием первой и второй производной позволяет увеличить КПП до 0,8 балла согласно ГОСТ Р 50840-95, что превышает на 0,3...0,5 балла результаты известного порогового алгоритма. Реализация алгоритма уменьшения влияния шумов на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева позволяет улучшить КПП на 0,6...1,2 баллов согласно ГОСТ Р 50840-95.

Предложен алгоритм восстановления блоков децимированных отсчетов сигнала и производной на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева при пропадании и задержке пакетов в сетях связи на основе свойства спектральных отсчетов сигнала и производной $S_c(n) = S_n(\omega)/j\omega$. Показано, что применение данного алгоритма обеспечивает восстановление принятой речи на выходе системы передачи до 3,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при потерях отсчетов до 50 %. Разработаны системы восстановления РС при использовании итераци-

онных алгоритмов и метода регуляризации на основе Тихоновской фильтрации в полосовом вокодере, реализованном на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева. Показана возможность увеличения КПП в этом случае на 0,3...0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при скорости передачи 5,6...1,2 кбит/с.

Цель третьей главы — разработка алгоритмов обработки РС при действии АП и шумов в канале связи с целью повышения качества восстановленной речи в системах связи.

В четвертой главе диссертации разработаны алгоритмы оценки КПП, наличия голосовой активности и параметров первичного кодера при действии АП и шумов в канале связи.

Предложены модификации известных алгоритмов оценки КПП, а также модификации алгоритмов оценки КПП при отсутствии тестового сигнала. Разработан алгоритм оценки КПП на основе метода изменения спектральной динамики в следующем виде:

$$MFOSD = \sum_{m=2}^M \sum_{g=1}^G \beta_g \sum_{n=1}^{N_{b,g}} \left(\frac{|Y(f_n, g, N_{seg}m)|}{|Y(f_n, g, N_{seg}(m-1))|} - \frac{|X(f_n, g, N_{seg}m)|}{|X(f_n, g, N_{seg}(m-1))|} \right), \quad (3)$$

где M – количество сегментов РС, β_g – коэффициент «значимости» спектральных составляющих g -й критической полосы, $X(f_n, g, m)$ и $Y(f_n, g, m)$ – g -я критическая полоса спектра сегмента m с длиной N_{seg} исходного и декодированного РС.

Предложен комплексный алгоритм оценки КПП на основе анализа параметров сигнала во временной, частотной области и области спектральной динамики $k = \alpha SNRk_1 + \beta BSDk_2 + \gamma MFOSDk_3$, где k_1, k_2, k_3 - нормировочные коэффициенты, для нормировок методов объективной оценки, α, β, γ -коэффициенты, с помощью которых осуществляется оценка различного вклада каждого из методов SNR, BSD и $FOSD$. α, β, γ изменяются в пределах $[0, 1 \dots 1]$ с шагом 0,1. При этом необходимо выполнить условие: $\alpha + \beta + \gamma = 1$. На рисунке 6 приведена структурная схема алгоритма оценки КПП, согласно данному алгоритму.

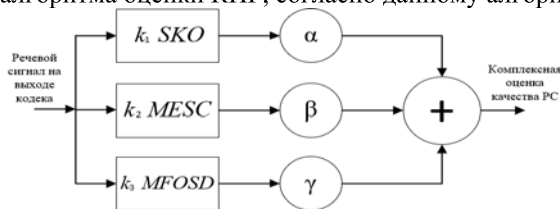


Рисунок 6 - Структурная схема алгоритма оценки КПП

На рисунке 7 показаны графики разности оценок между ГОСТ Р 50840-95, $PESQ$ и выбранными алгоритмами объективной оценки КПР, где $\Delta 1 = |ГОСТ - X|$, а $\Delta 2 = |ГОСТ - PESQ|$, X – оценка качества согласно комплексному алгоритму объективной оценки.

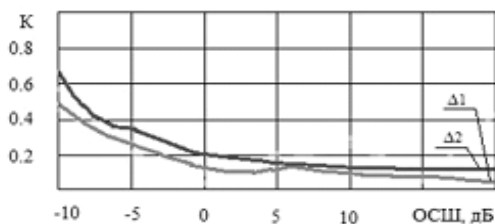


Рисунок 7 – Графики разности оценок между алгоритмом ГОСТ Р 50840-95 и комплексным алгоритмом объективной оценки и алгоритмом $PESQ$

Показано, что применение данного алгоритма обеспечивает корреляцию оценок алгоритма объективной оценки КПР с усредненными субъективными оценками с точностью до 0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95.

Предложен алгоритм оценки КПР в радиоканалах прореженных сигналов и прореженных производных на основе комплексного алгоритма оценки. Показана возможность получения общей оценки КПР по раздельным оценкам. Разработан комплексный алгоритм определения голосовой активности (VAD) на основе системы признаков: разность энергий всего диапазона, разность диапазона НЧ, искажение спектра, а также разность частоты переходов через ноль.

Цель четвёртой главы — разработка алгоритмов оценки КПР, наличия голосовой активности и параметров первичного кодека при действии АП и шумов в канале связи.

Пятая глава посвящена разработке алгоритмов адаптивной передачи РС при действии АП и шумов в радиоканале. Предложены алгоритмы построения РСПИ, осуществляющие адаптивное изменение скорости передачи информации на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева:

1) за счет изменения длительности элементарных импульсов кодовой последовательности с дальнейшим расширением спектра при постоянной скорости передачи в линии связи в зависимости от характера помеховой обстановки, т.е. от отношения C/N ;

2) за счет изменения кодовой скорости передачи информации при

использовании алгоритма помехоустойчивого кодирования.

Предложен алгоритм определения параметров и вида АП: широкополосных, узкополосных и импульсных, а также ОСШ. Предложены алгоритмы адаптации первичных кодеков РС на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева к АП путем выбора алгоритмов и параметров первичного кодирования. Показано, что реализация адаптивного кодека при действии АП позволяет повысить КПП на 1 балл согласно ГОСТ Р 50840-95 при незначительном увеличении скорости кодека на 20...30 %. Предложены алгоритмы адаптации методов первичного и помехоустойчивого кодирования к искажениям в радиоканале за счет выбора их сочетаний на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина – Яковлева.

На рисунке 8 показана структурная схема алгоритма адаптивного управления параметрами системы кодирования. Количество этапов разложения T целесообразно выбирать из длительности интервала анализа, а также допустимой задержки при обработке РС. При использовании кадра $N=128$ или 256 отсчётов достаточно использовать $T=1...3$, согласно приведённой схеме, результаты разложения по схеме, показанной на рисунке, поступают на выход определенных кодеков РС. Алгоритм для каждого кодека может быть выбран исходя из той доли энергии, которую тот или иной результат разложения вносит в восстановленный РС (K_E) требуемого КПП на выходе систем (K), а также скорости передачи $A_k = f(K_{En}, K, C)$.

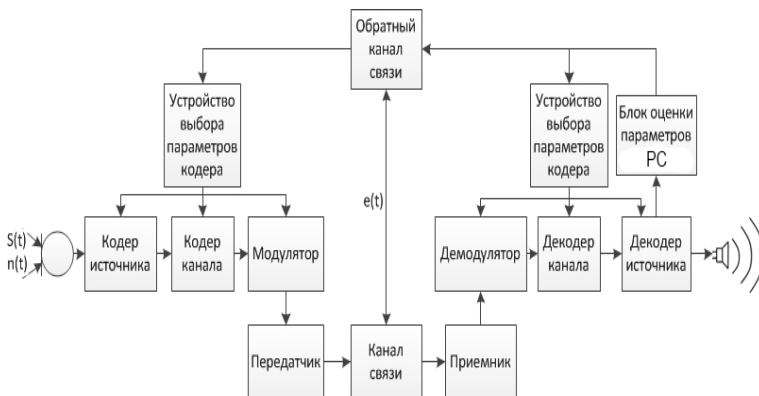


Рисунок 8 – Структурная схема алгоритма адаптивного управления параметрами системы кодирования

Показано, что модификация алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивает увеличение КПР на 0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при действии ошибок в радиоканале. Кроме того, модификация алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивает более гибкую адаптацию, за счет различного влияния отсчетов сигнала и производной на КПР при приеме. На рисунке 9 показана структурная схема алгоритма адаптации первичного кодека на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева по качеству речи на выходе декодера.

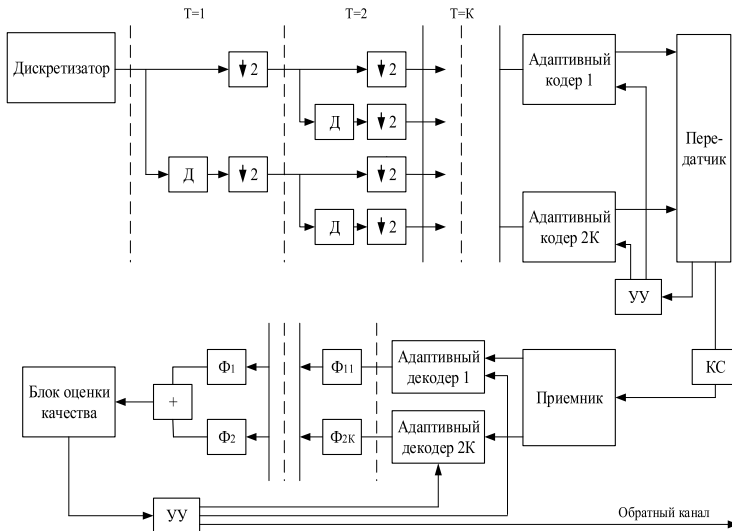


Рисунок 9 - Структурная схема алгоритма адаптации первичного кодека на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева по качеству речи на выходе декодера

На рисунке 9 показана структурная схема алгоритма адаптации первичного кодека на основе модифицированного алгоритма Хургина-Яковлева по качеству речи на выходе декодера. Как показано в результате экспериментальных исследований скорость передачи первичных кодеков сигнала и его производных C_1, C_2, \dots, C_n прямо пропорциональна доли энергии элементов разложения $C_1 / C_2 / \dots / C_n = E_1 / E_2 / \dots / E_n$. Согласно данному правилу возможно зафиксировать скорость первого кодека C_1 , а скорости других кодеков C_2, \dots, C_n уменьшаются пропорционально энергетике элементов разложения. При этом общая скорость на выходе системы кодеков может быть записана в виде следующего равенства $C_\Sigma = (C_1 + C_1 \cdot E_2 / E_1 + \dots + C_1 \cdot E_{2K} / E_1) / 2K$, тогда с учетом что

$E_1 / E_n > 1$, $C_\Sigma / C_1 < 1$, т.е. удастся получить выигрыш в скорости передаваемой информации за счет применения модификации алгоритма Хургина – Яковлева при незначительном уменьшении качества.

Предложен алгоритм адаптации к условиям распространения. Показано, что применение модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечит удовлетворительное КПП при работе по резервному радиоканалу с общей пропускной способностью не более 50 % от первоначальной. Предложен алгоритм адаптации к темпу речи. Показано что применение данного алгоритма в низкоскоростных кодеках со скоростями ниже 4,8 кбит/с позволяет повысить КПП на 0,1...0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95 при ускоренном темпе речи диктора.

Цель пятой главы — разработка алгоритмов адаптивной передачи РС при действии АП и шумов в радиоканале.

В шестой главе диссертации рассмотрены алгоритмы защиты РС и восстановления фонограмм от фальсификаций. Предложены алгоритмы маскирования РС на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева за счет перемешивания групп отсчетов сигнала и производной: $f_m(2k \cdot N_r + n) = f_c'(k + n - 2N_r) + \alpha_3 \cdot f'(k + n - N_r)$, где N_r – количество децимированных отсчетов сигнала или производной в группе, $k = 1 \dots \lfloor N/N_p \rfloor$ - номер группы децимированных отсчетов сигнала или его производной в пределах одного сегмента анализа; $n = 0 \dots \lfloor N_r - 1 \rfloor$ - номер отсчета в группе, α_3 - нормировочный коэффициент децимированных отсчетов производной относительно сигнала. Показано, что применение модифицированного алгоритма в маскираторах обеспечивает следующие преимущества: реализацию довольно простых алгоритмов маскирования во временной области, обеспечивающих криптостойкость от 10^6 до 10^9 ключей; возможность совместной реализации маскиратора с кодеком источника; уменьшение остаточной разборчивости маскированного РС до 0,5 балла согласно ГОСТ Р 50840-95; невысокую задержку при формировании РС до 16 мс за счет распараллеливания вычислений.

Предложены алгоритмы защиты и восстановления фонограмм. Показано, что предложенный алгоритм защиты фонограмм от фальсификаций обладает следующими характеристиками: обнаружение фальсификаций типа «вставка ложного фрагмента» и «удаление истинного фрагмента»; определение фальсификации фонограммы с вероятностью ошибки обнаружения блоков истинных отсчетов 10 % и вероятностью ошибки обнаружения блоков ложных отсчетов 3 %; восстановление фальсифицированного фрагмента с КПП на уровне 3,5...4 балла со-

гласно ГОСТ Р 50840-95. Структурная схема предложенного алгоритма защиты фонограмм от фальсификаций показана на рисунке 10.

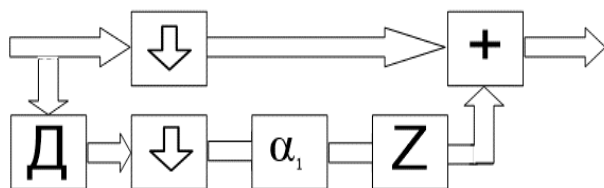


Рисунок 10 – Структурная схема алгоритма защиты фонограмм от фальсификаций

Предложена совместная реализация первичного кодека РС и предложенного алгоритма маскирования, а также алгоритма обнаружения фальсификаций и восстановления фонограмм. Структурная схема первичного кодека РС с возможностью маскирования и защиты фонограмм от фальсификаций показана на рисунке 11. Рассмотрена совместная защита информации с помощью алгоритмов первичного и помехоустойчивого кодирования, маскирования и шифрования.

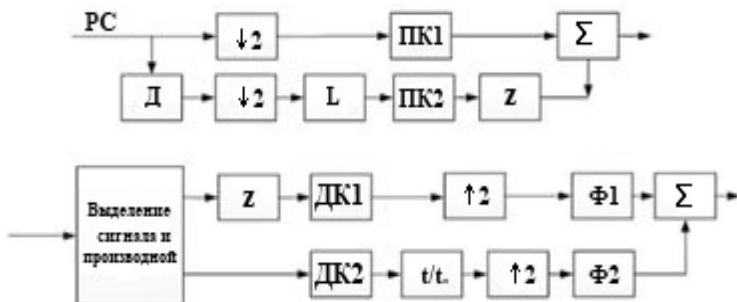


Рисунок 11 - Структурная схема первичного кодека РС с возможностью маскирования и защиты фонограмм от фальсификаций

Показано, что применение модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечит более гибкую адаптацию РСПИ, а также большее число ключей алгоритма защиты передаваемой информации. Показано, что предложенные алгоритмы защиты информации на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева обеспечивают более высокую помехоустойчивость по сравнению с соответствующими алгоритмами

на основе теоремы В.А. Котельникова. Показаны возможность совместной реализации алгоритма кодирования РС и маскирования, а также возможность совместной реализации алгоритма кодирования РС и обнаружения фальсификаций фонограмм.

Цель шестой главы — разработка алгоритмов защиты РС и восстановления фонограмм от фальсификаций.

В седьмой главе диссертации разработана адаптивная система передачи, обработки и хранения РС с возможностью защиты фонограмм. Приведены рекомендации по использованию первичных кодеков в РСПИ. Разработана процедура многокритериального выбора алгоритмов первичного кодирования для различных РСПИ, сетей IP-телефонии, систем служебной связи, цифровых систем сотовой связи, а также систем транкинговой связи. Разработана методика проектирования сетей IP-телефонии на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, обеспечивающая возможности защиты передаваемой информации или возможности реализации двух независимых радиоканалов. На рисунке 12 показан примерный фрагмент сети IP-телефонии на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева при передаче РС по нескольким независимым каналам.

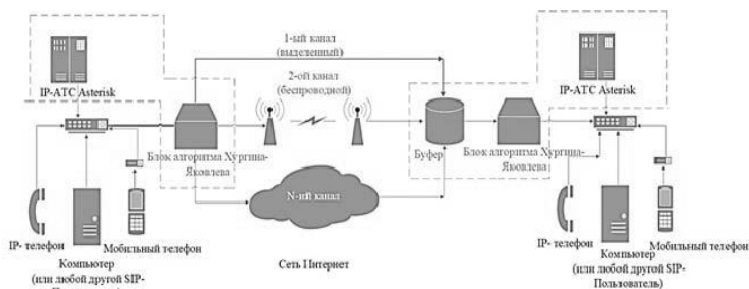


Рисунок 12 - Фрагмент сети IP-телефонии на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева

Разработана адаптивная система передачи, обработки и хранения РС с возможностью защиты фонограмм, обеспечивающая адаптацию к действию АП и шумов в канале связи, а также к требованиям защиты, помехоустойчивости и загрузки канала связи. Структурная схема предложенной адаптивной РСПИ приведена на рисунке 13.

Рассмотрены вопросы реализации первичных кодеков РС на микропроцессорах. Показана возможность реализации предложенного адаптивного кодека на российской элементной базе.

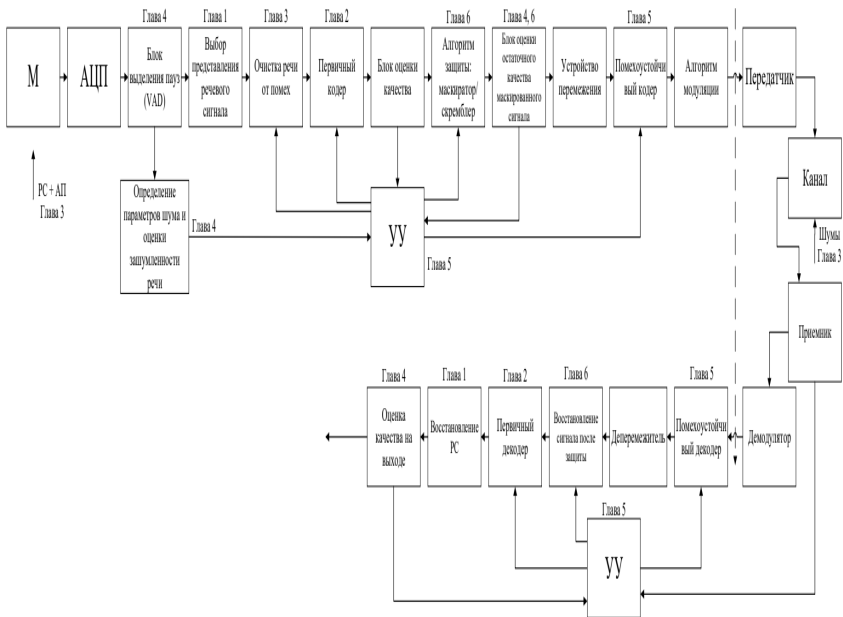


Рисунок 13 - Структурная схема предложенной адаптивной РСПИ

Цель седьмой главы — разработка адаптивной системы передачи, обработки и хранения РС с возможностью защиты фонограмм.

В заключении подводятся итоги проведённых в диссертационной работе исследований по разработке адаптивных методов и алгоритмов обработки сигналов радиотехнических устройств на основе модификации алгоритма Хургина – Яковлева, устойчивых к действию АП и шумов в канале связи.

В приложениях приведены результаты экспериментальных исследований, а также копии актов о внедрении результатов, полученных в ходе работы над диссертацией, в разработки предприятий и государственных учреждений.

Выводы

Таким образом, **достигнута цель диссертации** — решён комплекс научно-технических задач, имеющих важное значение для экономики отрасли телекоммуникаций и состоящих в увеличении эффективности функционирования радиотехнических систем и устройств, а именно в повышении помехоустойчивости и качества восстановленного РС, снижение скорости передачи в адаптивных системах обработки и передачи в условиях АП и шумов в радиоканале, а также улучшение защи-

ты от несанкционированного доступа, выявление преднамеренных искажений и восстановление исходной информации при фальсификации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 186 научных работах. Ниже приведен библиографический список наиболее значимых из них.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Дмитриев В.Т. Помехоустойчивость кодеков речи на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Вестник РГРТА. – Вып. №12. – 2003. – С. 133-136. (К3)
2. Дмитриев В.Т. Адаптация кодека CELP к воздействию акустических помех// Вестник РГРТУ. – 2021. – №76. – С. 25- 34. (К3)
3. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Реализационные возможности и помехоустойчивость процедуры восстановления сигналов на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Радиотехника. – 2003. – №1. – С. 73-75. (К2)
4. Дмитриев В.Т., Бахурин С.А. Исследование точности алгоритмов оценки отсчетов производной в радиотехнических устройствах// Вестник РГРТА. – Вып. №13. – 2004. – С. 32-35. (К3)
5. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Асинхронное маскирование, обнаружение фальсификаций и реставрация фонограмм речевых сигналов на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Безопасность информационных технологий. – 2003. – №2. – С. 26-30. (К3)
6. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Асинхронное маскирование речи на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Новые информационные технологии – 2004. – №1. (К3)
7. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Круглов А.В., Бахурин С.А., Ватугин В.М. Эффективная обработка сигналов радиолиний управления и телеметрии на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Электромагнитные волны и электронные системы. – 2005. №11-12. – С. 83-88.(К2)
8. Дмитриев В.Т., Кулясова Д.А. Разработка методики проектирования сетей IP- телефонии// Вестник РГРТУ. – 2007. – №20. – С. 108-111. (К3)
9. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Модификация алгоритма Фиенупа при восстановлении речевой информации по прореженным отсчетам сигнала и его производной// Вестник РГРТУ. – 2007. – № 22. – С. 7-10. (К3)
9. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Крысяев Д.Е., Попов С.С. Исследование качества передаваемой речевой информации при различном сочетании алгоритмов кодирования источника и канала связи в условиях действия помех// Вестник РГРТУ. – 2008. – № 1 (Выпуск 23). – С. 53-56. (К3)
10. Дмитриев В.Т., Баландин И.В. Дикторонезависимая система автоматического поиска ключевых слов в потоке слитной речи, устойчивая к акустическому шумам// Вестник РГРТУ. – 2008. – № 2 (Выпуск 24). – С. 15-19. (К3)
11. Дмитриев В.Т., Харланова Е.А. Алгоритм кодирования речевых сигналов на основе представления Хургина – Яковлева и вейвлет-пакетного разложения в системах компьютерной телефонии// Вестник РГРТУ. – 2010. – № 1 (Выпуск 31). – С. 98-101. (К3)
12. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Картавенко Я.О. Алгоритм объективной

оценки качества декодированного речевого сигнала на основе изменения спектральной динамики критических полос спектра// Вестник РГРТУ. – 2011. – №3(37). – С. 3-7. (К3)

13. Дмитриев В.Т., Лукьянов Д.И. Алгоритм маскирования на основе представления Хургина – Яковлева с использованием производных второго и третьего порядков// Вестник РГРТУ. – 2012. – №4. – С.13-17.

14. Дмитриев В.Т., Константинова Д.С. Алгоритм комплексной оценки качества речи в канале связи// Вестник РГРТУ. – 2016. – №56. – С.42-47. (К3)

15. Дмитриев В.Т., Янак А.Ф. Исследование воздействия акустических шумов на первичные кодеки речевых сигналов// Вестник РГРТУ. – 2016. – №2 (Выпуск 56). – С. 38-44. (К3)

16. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Комплексный алгоритм объективной оценки качества декодированного речевого сигнала при действии акустических помех// Труды СПИИРАН. – 2018. – №1. – С. 34-55. (К1)

17. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Устойчивость первичных кодеков речевых сигналов на основе представления Хургина – Яковлева к действию акустических шумов// Вестник РГРТУ. – 2019. – №3. – С. 17-25.

18. Дмитриев В.Т. Адаптация кодека CELP к воздействию акустических помех// Вестник РГРТУ. – 2021. – №76. – С. 25- 34.

19. Дмитриев В.Т., Сконников П.Н. Сравнительный анализ алгоритмов комплексирования изображений различных спектральных диапазонов// Вестник рязанского государственного радиотехнического университета. – 2021. – № 78. – С. 29-37. (К3)

20. Дмитриев В.Т., Аронов Л.В. Подводный беспроводной оптический канал передачи видеоизображений в реальном масштабе времени в условиях мутной воды// Цифровая обработка сигналов. – №1. – 2022 г. – С. 24-27. (К2)

21. Дмитриев В.Т., Смирнов М.С. Исследование помехоустойчивой и защищенной системы передачи речевых сигналов на основе представления Хургина – Яковлева//Вестник РГРТУ. – 2022. – №82. – С. 27-37. (К3)

22. Дмитриев В.Т., Бауков А.А. Алгоритм обнаружения атмосферных осадков для задач компьютерной обработки видеоизображений //Программирование. – 2023. – №3 – С. 13-25. (К2)

23. Дмитриев, Аронов Л.В. Подводный беспроводной оптический канал с двухцветной схемой передачи данных// Цифровая обработка сигналов №2. 2023 – С. 61 - 64. (К2)

24. Дмитриев В.Т. Адаптация кодеков речевых сигналов на основе теоремы В.А. Котельникова и модификации алгоритма Хургина-Яковлева к шумам в канале связи// Цифровая обработка сигналов №2. 2023 – С. 55 - 60. (К2)

25. Андреев В.Г., Дмитриев В.Т. Алгоритм совместной реализации первичного кодека и маскиратора речевых сигналов с возможностью защиты фонограмм от фальсификаций// Вестник РГРТУ. 2023. №84. – С.66 -76. (К3)

**Статьи в сборниках материалов международных конференций,
входящих в перечень Scopus**

1. Kirillov S.N., Dmitriev V.T., Slesarev A.S., Pokrovsky P.S., Semin D.S. “Spectrally Efficient Radio Signal Types Software-Controlled Generator Module” // 2016

- International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. National Research University Higher School of Economics. Russia, Moscow, May 12-14, 2016. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR. ISBN: 978-1-4799-1060-1.
2. Sergey Kirillov, Vladimir Dmitriev, Ivan Kostkin, Valery Strotov, Aleksey Elyutin, Berdnikov Vadim, Akopov Eduard Increasing the object recognition distance of compact open air on-board vision system // SPIE Remote Sensing 2016, Edinburgh, United Kingdom
 3. Kirillov S.N., Dmitriev V.T. A complex algorithm for objective assessment of the quality of a decoded speech signal under the action of acoustic interference. // Proceedings of SPIIRAS 2018 No. 1 - P. 34 -55.
 4. Kirillov S.N., Dmitriev V.T., Lukyanov D.I., Semin D.S. Algorithms for evaluating the quality of the received speech and psycho-emotional state of the speaker by the action of acoustic noise in telecommunication systems” // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Proceedings. – Moscow: National Research University "Higher School of Economics". Russia, Moscow, March 16, 2018. IEEE Catalog Number: CFP18N39-CDR. ISBN: 978-1-5386-3497-4.-14
 5. Kirillov S.N., Dmitriev V.T. Band vocoder based modification on Khurgin-Yakovlev representation and Fienup algorithm // MATERIALS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE "ACTUAL PROBLEMS OF ELECTRONIC INSTRUMENT MAKING" APEP-2018 In 8 volumes Volume1. In 6 parts. Part 3 - C192-196.
 6. Kirillov S.N., Dmitriev V.T., Aronov L.V. Wireless System of High-Speed Underwater Optical Communication for Transmission for Videodata from a Board of a Submersible/ 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2018, pp. 1-4. doi:10.1109/FarEastCon.2018.8602498
 7. Kirillov S.N., Dmitriev V.T., Aronov L.V., P.N. Skonnikov, A.A. Baukov Improved quality video transmission by optical channel from underwater mobile robots// Studies in Systems, Decision and Control, ISSN: 2198-4182, pp. 227-239
 8. Kirillov S.N. Dmitriev V.T. Selection and justification of primary speech codec under the action of acoustic noise // 2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) DOI: 10.1109/MECO.2019.8760279
 9. Kirillov S.N., Dmitriev V.T. Natural language voice control interface for people with special needs and disabilities // 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) - pp. 527 – 531
 10. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Алексенко С.О. Machine learning algorithms based on hidden Markov models in low-speed speech codecs for assessing speech quality. // Proceedings -2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA-2020) Липецк. 2020– IEEE- C.408-413.
 11. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Adaptive Primary Speech Signals Codecs for Software-Configured Radio Systems// 2020 1st International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE) | 978-1-7281-8990-

12. Kirillov S.N., Dmitriev V.T. Construction of primary speech signal codecs with the ability to mask and protect phonograms from falsification. //10 th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Proceedings, 2020DOI (CrossRef): 10.1109/MECO52532.2021.9460129

13. Kirillov S.N., Dmitriev V.T. Algorithm to Control Primary Codec Under the Influence of Interference in Communication Channel//International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) DOI (CrossRef): 10.1109/SUMMA53307. 2021.9632238

14. Dmitriev V.T. and Aronov L.V. "Mathematical Model of Underwater Wireless Optical Communication Channel with Code Pulse Modulation by Intensity," 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), 2022, pp. 583-586, doi: 10.1109/SUMMA57301.2022.9974079

Монография

1. Кириллов С.Н., Бузыкканов С.Н., В.Т. Дмитриев, А.А. Лоцманов, М.В. Степанов «Практические аспекты применения алгоритмов цифровой фильтрации и обработки сигналов в радиотехнических системах. Часть 1. Перспективные методы цифровой фильтрации в радиотехнических системах». Под ред. С.Н. Кириллова- Рязань. РГРТУ. 2009- 272 с. ISBN 978-5-7722-0317-0

Патенты

1. Патент на изобретение №2526207 Аппаратура подводной оптической связи. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный радиотехнический университет». Авторы: Дмитриев В.Т., Кириллов С.Н., Кузнецов С.Н., Лоцманов А.А., Поляков С.Ю. Заявка №2012133520. Приоритет изобретения 06.08.2012. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 26 июня 2014 г. Срок действия патента истекает 06 августа 2032 г.

2. Способ обнаружения фальсификаций фонограмм и восстановление исходной фонограммы на основе представления Хургина – Яковлева. Патент на изобретение. Авторы Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Номер патента 2584493. Решение о выдаче патента 2016.03.04. Заявка № 2014120081. Дата подачи заявки 19.05.2014.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610593. Программа для демонстрации возможностей по восстановлению фальсифицированных фонограмм, используя алгоритм Хургина – Яковлева. Авторы: Кириллов Сергей Николаевич (RU), Дмитриев Владимир Тимурович (RU), Лукьянов Дмитрий Игоревич (RU). Заявка № 2013660750. Дата поступления 21 ноября 2013 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 15 января 2014 г.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610905. Программа для оценки эффективности работы алгоритма Хургина

– Яковлева при использовании производных до четвертого порядка. Авторы: Кириллов Сергей Николаевич (RU), Дмитриев Владимир Тимурович (RU), Лукьянов Дмитрий Игоревич (RU). Заявка № 2013611824. Дата поступления 21 ноября 2013 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 20 января 2014 г.

5. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Программа для демонстрации возможностей итерационного алгоритма Фиенупа в полосовом вокодере. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611595. Заявка № 2015662422. Дата поступления 18 декабря 2015 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 5 февраля 2016 г.

6. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Хахулин В.С., Семин Д.С., Семина М.Е. Специальное программное обеспечение для исследования акустической среды звукозаписи "Длань". Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер свидетельства: RU 2015611864. Патентное ведомство: Россия. Год публикации: 2015. Номер заявки: 2014663352. Дата регистрации: 22.12.2014. Дата публикации: 09.02.2015. Патентообладатель: Федеральное государственное казенное учреждение «Войсковая часть 68240».

7. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Хахулин В.С., Семин Д.С., Семина М.Е. База данных, содержащая фонограммы и описание акустических сред. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер свидетельства: RU 2015620222. Патентное ведомство: Россия. Год публикации: 2015. Номер заявки: 2014621843. Дата регистрации: 22.12.2014. Дата публикации: 09.02.2015. Патентообладатель: Федеральное государственное казенное учреждение «Войсковая часть 68240».

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663178. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа векторов параметров речевого сигнала на выходе кодеков речи по критерию минимума ошибки целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021662290. Дата поступления 02 августа 2021 г., Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12 августа 2021 г.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663177. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа векторов параметров речевого сигнала на выходе кодеков речи с комбинированием критериев минимума ошибки и максимума апостериорной вероятности целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021662290. Дата поступления 02 августа 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12 августа 2021 г.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665181. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики сочетаний заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа векторов параметров речевого сигнала на выходе кодеков речи по критерию максимума апостериорной вероятности целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021664329. Дата

поступления 14 сентября 2021 г., Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 21 сентября 2021 г.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665180. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики сочетаний заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа векторов параметров речевого сигнала на выходе кодеков речи по критерию минимума ошибки целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021664331. Дата поступления 14 сентября 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 21 сентября 2021 г.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665519. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа речевого сигнала на выходе кодеков речи с комбинированием критериев минимума ошибки и максимума апостериорной вероятности целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021664343. Дата поступления 14 сентября 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 28 сентября 2021 г.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665660. Программа имитационного моделирования алгоритма диагностики заболеваний верхних дыхательных путей на основе анализа векторов параметров речевого сигнала на выходе кодеков речи по критерию максимума апостериорной вероятности целевой функции. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Мамушев Дмитрий Юрьевич. Заявка №2021664345. Дата поступления 14 сентября 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 30 сентября 2021 г.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021668004. Программа комплексирования изображений различных спектральных диапазонов. Авторы: Дмитриев Владимир Тимурович, Сконников Петр Николаевич. Заявка №2021667214. Дата поступления 27 октября 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 09 ноября 2021 г.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614591. Программа для демонстрации возможностей полосового вокодера с использованием комплексного спектра на основе представления Хургина – Яковлева. Автор: Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022613815. Дата поступления 17 марта 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23 марта 2022 г.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614592. Программа для демонстрации возможностей полосового вокодера на основе представления Хургина – Яковлева. Автор: Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022613818. Дата поступления 17 марта 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23 марта 2022 г.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616424. Программа для демонстрации возможностей алгоритма восстановления фонограмм на основе представления Хургина – Яковлева. Автор:

Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022616326. Дата поступления 11 апреля 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2022 г.

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617186. Программа для демонстрации возможностей алгоритма маскирования на основе представления Хургина – Яковлева. Автор: Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022616329. Дата поступления 11 апреля 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2022г.

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617132. Программа для демонстрации возможностей кодека с адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией на основе представления Хургина – Яковлева. Автор: Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022616331. Дата поступления 11 апреля 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2022 г.

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617131. Программа для демонстрации возможностей кодека с импульсно-кодовой модуляцией на основе представления Хургина – Яковлева. Автор: Дмитриев Владимир Тимурович. Заявка №2022616330. Дата поступления 11 апреля 2022 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2022 г.

Тезисы и материалы докладов

1. Дмитриев В.Т., Шустиков О.Е., Зорин С.В. Оптимальное сглаживание оценки двумерного обобщенного спектра мощности случайного процесса// Пятая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов "Радиоэлектроника, электротехника и энергетика": тез. докладов. – Т.1.-М.: Издательство МЭИ, 1999. – С. 91.

2. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Алгоритм низкоскоростного кодирования речевых сигналов в системах IP-телефонии// Десятая международная научно-техническая конференция "Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций": тез. докладов. – Рязань: РГРТА, 2001. – С. 100-101.

3. Кириллов С.Н., Дмитриев В. Т. Системы асинхронного маскирования речи на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Двенадцатая международная научная конференция "Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов": сб. трудов. – М., 2003. – С. 272-274.

4. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Бузыкканов С.Н., Бахурин С.А. Практические аспекты реализации алгоритмов обработки при дискретизации с использованием отсчетов функции и ее производной/ Международная конференция "В.А.Котельников и его роль в развитии радиоэлектроники": сб. трудов. – М., 2003. – С. 24-25.

5. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т. Модификация полосового вокодера на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Двенадцатая международная научно-техническая конференция "Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций": тез. докладов. – Рязань: РГРТА, 2004. – С. 33-34.

6. Дмитриев В.Т., Бахурин С.А. Точность формирования производной при вос-

- становлении сигналов на основе алгоритма Хургина – Яковлева// Десятая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» тез. докладов. – Т.3. – М: МЭИ (ТУ), 2004. – С. 18-19.
7. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Крысяев Д.Е. Повышение помехозащищенности передаваемой информации на основе алгоритма Мак-Элиса//9-я международная конференция и выставка// Цифровая обработка сигналов и ее применение. – Выпуск IX-2. – Москва, 2007. – С. 396-398.
8. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Крысяев Д.Е., Семин Д.С. Перспективные алгоритмы совместного помехоустойчивого кодирования и защиты в радиосистемах передачи информации// 11-я Международная конференция и выставка Цифровая обработка сигналов и ее применение. – Выпуск XI-2. – Москва, 2009. – С. 534-537.
9. Дмитриев В.Т., Бузыкканов С.Н., Виноградова М.Е., Картавенко Я.О. Цифровые алгоритмы подавления акустических помех и шумов в канале связи на основе динамических характеристик сигнала //13-я международная конференция и выставка "Цифровая обработка сигналов и ее применение" – Выпуск XIII-1. – Москва, 2011. – С. 175-177.
10. Дмитриев В.Т., Картавенко Я.О. Анализ эффективности использования фонетической функции в целях низкоскоростного параметрического кодирования речи/6-я международная научно-техническая конференция "Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика." Посвящена 90-летию со дня рождения академика В.Ф. Уткина: тезисы докладов. (1-3 октября 2013). – Рязань. – 2013. – С. 165-166.
11. Дмитриев В.Т., Янак А.Ф. Исследование влияния акустических шумов на кодеки речевых сигналов//Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: Материалы 18-й международной научно-технической конференции. Горячая линия Телеком. – 2015. – С. 57-59.
12. Дмитриев В.Т., Суздальцев А.Д. Методика построения сети связи и изучение качества речевых сигналов// Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-28: сб. трудов XXVIII междунар. науч. конф.: в 12 т. – Т.9. / под общ. ред. А.А. Большакова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2015; Ярославль: Ярослав. гос. техн. ун-т; Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2015. – С. 96-99
13. Дмитриев В.Т., Лазарев С.А. Исследование низкоскоростного кодека речевых сигналов в сложной помеховой обстановке// 19-я международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука»: тез. докладов. – Ч. 3. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – С. 197-198.
14. Дмитриев В.Т., Суздальцев А.Д. Применение представления Хургина – Яковлева при проектировании сетей IP-телефонии// Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – РГРТУ. – 2016. – С. 99-100.
15. Дмитриев В.Т., Янак А.Ф. Исследование влияния акустических шумов на кодеки речевых сигналов на основе представления Хургина – Яковлева//Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным

участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 87-90.

16. Дмитриев В.Т., Янак А.Ф. Разработка алгоритма первичного кодирования адаптивного к действию акустических шумов// Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 12-й международной научно-технической конференции/ Владим. гос. университет. – В 2-х т. – Владимир: ВлГУ. – 2017. Том II. – С. 18-21.

17. Дмитриев В.Т., Лобазов А.В. Разработка и исследование адаптивного алгоритма подавления акустических шумов// Современные технологии в науке и образовании. – СТНО-2019: сб. тр. II междунар. науч.-техн. форума. В 10 т. – Т.1 Рязань, 2019. – С. 127-130.

18. Дмитриев В.Т., Бронникова Э.А. Адаптация кодека речевых сигналов к темпу речи// Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2021: сб. тр. IV междунар. науч.-техн. форума. В 10 т. Т.1. – Рязань, 2021. – С. 188-190.

19. Дмитриев В.Т., Смирнов М.С. Разработка помехоустойчивой и защищенной системы передачи речевой информации// Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 14-й международной научно-технической конференции/ Владим. гос. университет. – Владимир: ВлГУ. – 2021. – С. 348-351.

20. Дмитриев В.Т., Цирульникова Е.Р. Выбор алгоритма первичного кодирования для систем сотовой связи.// Актуальные проблемы современной науки и производства. Материалы VII Всероссийской научно-технической конференции. Рязань 2022 – С.71-78.

21. Дмитриев В.Т., В.Н. Цуркан Разработка алгоритма согласования первичного и помехоустойчивого кодека при действии помех в канале связи. //Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань. ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2022 – С. 184-185.

22. Дмитриев В.Т., Андреев В.Г. Алгоритм адаптации первичных и помехоустойчивых кодеков при действии мешающих факторов. //Современные технологии в науке и образовании. Сборник трудовVI Международный научно-технического форума: в 10 т. Т.1./ под общ. Ред. О.В. Миловзорова – Рязань: Рязан. Гос. Радиотехн. Ун-т. 2023 – С. 193-197.

Д м и т р и е в Владимир Тимурович

Адаптивные системы обработки и передачи речевых сигналов в условиях
акустических помех и шумов в радиоканале

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Подписано в печать 29.06.23. Формат бумаги 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,0.

Тираж 100 экз. Заказ .

Рязанский государственный радиотехнический университет.
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.