



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ТУСУРа

В.М. Рулевский

«6» 10 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Диссертация «Оптимизированные алгоритмы декодирования для кодов с низкой плотностью проверок на четность и их применение в системах связи» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

В Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Чжан Вэйцзя в 2021 г. закончил обучение по магистерской программе 09.04.04 Программная инженерия, а в 2025 г. – в аспирантуре по направлению подготовки/профилю 09.06.01 Информатика и вычислительная техника /2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2025 г. ТУСУРОм.

Научный руководитель – Газизов Тальгат Рашитович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Чжан Вэйцзя является научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки алгоритмов декодирования с низкой вычислительной сложностью и высокой точностью на основе математического вывода и методов нейросетевой оптимизации с оценкой влияния использования LDPC-кодов на улучшение характеристик системы связи с беспилотным летательным аппаратом (БПЛА).

Личное участие автора в получении результатов включает математический вывод формул для алгоритмов декодирования, оптимизацию алгоритмов декодирования с использованием нейронных сетей, а также имитационное моделирование систем связи. Результаты обсуждались с Д.Н.К. Джаякоди и Т.Р. Газизовым. Часть результатов получена с соавторами публикаций.

Достоверности результатов обеспечивается использованием современных методов и средств исследования, обоснованностью вывода математических формул, строгостью построения нейронных сетей, а также статистической обработкой данных вычислительного эксперимента.

Научная новизна диссертации

1. Разработан алгоритм декодирования (адаптивной экспоненциальной минимальной суммы, AEMS – adaptive exponential MS), отличающийся использованием адаптивного экспоненциального корректирующего коэффициента.

2. Разработан алгоритм декодирования (адаптивной экспоненциальной минимальной суммы с общей нейросетевой структурой, SNAEMS – shared neural AEMS), отличающийся равенством весовых коэффициентов всех узлов каждого слоя в процессе итерации.

3. Создана модель системы связи беспилотного летательного аппарата с наземной станцией на малых высотах с учетом затухания Релея со списком модуляций квазициклических LDPC-кодов для различных амплитудных модуляций и условий канала.

Практическая значимость

1. Создана таблица сигнально-кодовых конструкций квазициклических LDPC-кодов с различными схемами квадратурной амплитудной модуляции для связи БПЛА на малой высоте при различных условиях канала.

2. Предложен алгоритм декодирования, снижающий относительно алгоритма смещённой минимальной суммы среднюю вероятность битовой ошибки в системе связи с БПЛА с учетом затухания Релея при низкоуровневой модуляции: до 11 раз при отношении сигнал/шум 16 дБ для 8-QAM.

3. Детально сравнены LDPC- и полярные коды с обсуждением единой системы кодирования.

4. Результаты использованы в 4 научных проектах (3 акта внедрения).

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием:

1. Проект «Гибридная методология построения цифровых моделей социально-экономических и технических систем со структурной и параметрической неопределенностью», госзадание FEWM-2023-0013.

2. Проект «Методология оптимального проектирования критичных узлов печатных плат беспилотных авиационных систем с учетом влияния электромагнитных воздействий», госзадание РНФ 25-29-00139, 2025–2026 гг.

3. Проект «Научно-исследовательский центр по когнитивным и антропоцентричным вычислениям», госзадание UIDB/04111/2020, 2020–2024 гг.

4. Проект «Энергоэффективная виртуализированная коммуникационная сеть на основе искусственного интеллекта с участием БПЛА», госзадание 2022.03897.PTDC, 2020–2024 гг.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Чжан Вэйцзя по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» по п. 2. – «Исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов, учитывающих эффекты их рассеяния и отражения при прохождении через различные среды распространения», п. 5. – «Разработка и исследование алгоритмов, включая цифровые, обработки сигналов и информации в радиотехнических устройствах и системах различного назначения, в том числе синтез и оптимизация алгоритмов обработки», п. 6. – «Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки сигналов и информации в радиотехнических устройствах и системах различного назначения, включая системы телевидения и передачи информации, при наличии помех с целью повышения помехоустойчивости» и п. 9. – «Исследование и разработка телевизионных систем и устройств, включая матричные фотоприемники, телевизионные камеры, в том числе с IP-интерфейсами, цифровые кодеки, модемы и устройства передачи и воспроизведения изображений и звука, а также методов и алгоритмов модуляции, демодуляции, сжатия информации, помехоустойчивого кодирования и декодирования сигналов» паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

Основные результаты диссертации опубликованы в 8 работах: 4 статьях в журналах из перечня ВАК; 2 докладах в трудах конференций, индексируемых WoS/Scopus; 1 докладе в трудах других конференций; 1 тезисах доклада на конференции.

Диссертация «Оптимизированные алгоритмы декодирования для кодов с низкой плотностью проверок на четность и их применение в системах связи» Чжан Вэйцзя рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

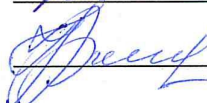
Заключение принято на заседании кафедры ТУ.

Присутствовало на заседании 29 чел. Результаты голосования: «за» – 29 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 1 от 2.10.2025 г.

Председатель, к.т.н.

Секретарь, к.т.н.

 А.В. Носов

 Е.Б. Черникова

Список публикаций соискателя Чжан Вэйцзя (8)

Статьи в журнале из перечня ВАК по специальности 2.2.13 (3)

1. **Zhang W.** Development of adaptive exponential min sum decoding algorithm / **W. Zhang**, I. Mouhamad, V.M. Saklakov // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 1–11.
2. **Zhang W.** Neural network to optimize the adaptive exponential min sum decoding algorithm / **W. Zhang**, I. Mouhamad, V. M. Saklakov, D. N. K. Jayakody // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 1–10.
3. **Чжан В.** Применение QC-LDPC кодов в системе связи БПЛА / **В. Чжан**, Т. Т. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2025. – Т. 28, № 2. – С. 14–21.

Статьи в журнале из перечня ВАК по смежной специальности (1)

4. Mouhamad I. A deep neural network based UAV assisted wireless network / I. Mouhamad, **W. Zhang** // International Journal of Open Information Technologies. – 2025. – Vol. 13, no. 1. – P. 75–82.

Докладов в трудах конференции, индексируемой Scopus (2)

5. **Ali M. F.** Selection relay-based RF-VLC underwater communication system / M. Furqan Ali, T. D. Ponnimbaduge Perera, V. S. Sergeevich, S. Arbid Irfan, U. Ekaterina Viktorovna, **W. Zhang**, A. Camponogara, D. N. K. Jayakody // Machine Learning, Deep Learning and Computational Intelligence for Wireless Communication: Proceedings of MDCWC 2020. – 2020, 22–24 October. – Tiruchirappalli, India. – P. 177–192.
6. **Zhang W.** An adaptive exponential min sum decoding algorithm / **W. Zhang**, D. N. K. Jayakody // 2023 IEEE 6th Conference on Cloud and Internet of Things. – 2023, 20–22 March. – Lisbon, Portugal. – P. 34–39.

Доклад в трудах другой конференции (1)

7. **Zhang W.** On the competitiveness of LDPC codes in wireless / **W. Zhang**, D. N. K. Jayakody // 2022 2th International Research Conference of SLTC. – 2022, 29–30 September. – Colombo, Sri Lanka. – P. 93–95.

Тезисы доклада на конференции (1)

8. **Zhang W.** A Glance of LDPC Codes Deployment for 6G Wireless Communication System / **W. Zhang**, M. F. Ali // Тезисы докладов 61-й Международной научной студенческой конференции (МНСК-2023). – 2023, 17–26 апреля. – Новосибирск, Россия. – С. 66.