

ОТЗЫВ

на автореферат Ермаковой Анастасии Всеволодовны на тему:
«Повышение эффективности систем радиодоступа на основе циркулярных матриц многопозиционных линейных рекуррентных последовательностей»
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Представленное исследование Ермаковой А. В. посвящено применению циркулярных матриц многопозиционных линейных рекуррентных последовательностей (ЛРП) в качестве широкополосных ортогональных негармонических поднесущих, на которых строятся групповые сигналы для систем мобильной связи и радиодоступа. Предлагаемые наборы функций призваны заменить дискретные экспоненциальные функции (ДЭФ), образующие фундамент ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM), которое сегодня повсеместно используется в LTE и 5G.

Актуальность работы продиктована системными изъянами OFDM, сдерживающими эволюцию радиоинтерфейсов. Среди них: проблема точной синхронизации (оценка задержки, частотного рассогласования, фазы и уровня сигнала), ради решения которой вводятся циклические префиксы, съедающие до 25 % пропускной способности; необходимость выделения пилотных тонов для эквалайзера, отнимающая ещё 5–10 % ресурса; уязвимость к доплеровскому сдвигу (уже при 200–250 Гц синхронизация нарушается), что делает систему малоприспособленной для высокоскоростных объектов и заставляет снижать количество поднесущих (реально не более 1200 при размерности БПФ 2048); глубокие релеевские замирания с энергетическими потерями до 20 дБ относительно гауссовского канала; жёсткая детерминированность размеров ресурсного блока, препятствующая наращиванию пропускной способности за счёт более производительных реализаций БПФ. Сомнительно и утверждение о низких внеполосных излучениях OFDM — аналоговая фильтрация неизбежно деформирует спектр и вызывает межсимвольные искажения. Все отмеченные трудности можно преодолеть, если формировать групповой сигнал на базе нескольких полных ортогональных систем дискретных функций различной структуры, порождённых циркулярными матрицами многопозиционных ЛРП. Ключевой момент — как синтез, так и обработка такого сигнала могут быть реализованы через быстрое преобразование Фурье не в привычном гармоническом базисе, а в базисе функций Виленкина–Крестенсона (ВК). Это обеспечивает весомое снижение вычислительных затрат: при одинаковой размерности БПФ в базисе ВК требует примерно втрое меньше элементарных арифметических операций, чем его классический аналог. Таким образом, тема диссертации и её главная цель — уменьшить сложность реализации и повысить помехоустойчивость систем

Вход. № 106/26
«26» 05 2026г.
подпись

радиодоступа за счёт использования БПФ в базисе ВК и многопозиционных ЛРП — несомненно востребованы.

Практическая ценность. Переход на обобщённое БПФ в базисе ВК сокращает объём вычислений до 3,5 раза (при $N = 2048$). Спроектированная система радиодоступа слабо реагирует на доплеровское смещение за счёт непрерывного сопровождения шумоподобного синхросигнала: связь сохраняется на скоростях вплоть до 500 км/ч (сдвиг около 1400 Гц) и при ускорениях 30–50 м/с², в то время как обычный OFDM теряет синхронизацию при сдвиге 300 Гц. Предложен метод подавления взаимных помех при параллельной работе нескольких систем ортогональных сигнатур в общей полосе, дающий прирост пропускной способности до 25 % пропорционально количеству систем. Оценка параметров синхросигнала по центральным пикам корреляционных функций позволяет измерять фазовые сдвиги с точностью 5–7°, а временные задержки — с погрешностью не хуже 0,1 тактового интервала; это обеспечивает выигрыш по энергетике 3–5 дБ относительно классической OFDM при росте сложности приёмника в 2,3–3 раза (для 2–3 лучей). Внедрение основных результатов в АО «Объединённая двигателестроительная корпорация» и в МТУСИ подтверждено актами.

Теоретическая значимость заключается в развитии методов ускоренного декодирования циклических r -ичных блочных кодов максимальной длины на платформе обобщённого БПФ в базисе ВК в контексте построения и обработки групповых сигналов для радиодоступа.

Достоверность выводов гарантирована корректным применением современного научного инструментария, хорошим совпадением теоретических прогнозов с результатами имитационного моделирования и многочисленной апробацией на международных и всероссийских конференциях. Основное содержание диссертации отражено в 18 печатных трудах (из них 3 — в изданиях из перечня ВАК), 14 зарегистрированных программах для ЭВМ и 3 публикациях, проиндексированных в МБД Scopus.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате представлены пять вариантов построения кадра с присоединённым синхросигналом (с. 18–19), однако ни в одном из них не конкретизировано, для какого типа канала связи — восходящего или нисходящего — они предназначены, а также не оговорены условия их применимости (одноручевой или многолучевой канал, стационарная или высокая мобильность абонентов, наличие либо отсутствие циклических префиксов как системное требование и т.п.). Такая неопределённость затрудняет оценку практической реализуемости предложенных решений и их сравнительной эффективности в различных сценариях, поскольку структура кадра и способ введения синхросигнала могут критически зависеть от направления передачи и характеристик среды распространения.

2. В части, посвящённой синхронизации многолучевых сигналов, рассматривается только синхронизация многопозиционных ЛРП, значимые результаты по этой проблеме касаются исключительно ускоренной синхронизации псевдослучайных последовательностей (ПСП). Было бы целесообразно привести обзор этих результатов и подчеркнуть, что они относятся лишь к двоичным ПСП, однако это не было сделано.

Указанные недостатки носят редакционный характер и не снижают ценности результатов. На основании вышеизложенного, считаю, что диссертация Ермаковой Анастасии Всеволодовны на тему: «Повышение эффективности систем радиодоступа на основе циркулярных матриц многопозиционных линейных рекуррентных последовательностей» является законченной научно-исследовательской работой, и соответствует паспорту специальности 2.2.13. - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а её автор, Ермакова Анастасия Всеволодовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Я, Чернова Т.А., даю свое согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Ермаковой Анастасии Всеволодовны, и их дальнейшую обработку

Профессор кафедры 806 «Вычислительная математика
и программирование»
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)» (МАИ)

д.т.н., доцент

Чернова Татьяна Александровна

Адрес: 125993 Москва, Волоколамское шоссе, д.4

Телефон: 8(903)715-71-27

Электронная почта: Chernova 3244@gmail.com

подпись

дата

18.05.2026

Подпись Черновой Т.А. подтверждаю

Ф.И.О.

подпись



Печать

дата

18.05.2026