

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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

В работе предлагается заменить традиционное быстрое преобразование Фурье (БПФ), широко используемое в настоящее время для формирования OFDM сигналов в системах мобильной связи и радиодоступа, на обобщенное БПФ в базисе функций Виленкина-Крестенсона (ВК). В результате, если в случае традиционного БПФ в качестве цифровых поднесущих группового сигнала, модулируемых информационными символами, выступают так называемые дискретные экспоненциальные функции (ДЭФ), то во втором случае, после перестановки отсчетов сигнала с выхода процессора БПФ в базисе ВК по возрастанию значений элементов мультипликативной группы расширенного поля Галуа по модулю любого неприводимого примитивного полинома соответствующего порядка – многопозиционные линейные рекуррентные последовательности (ЛРП). Таким образом, в первом случае после использования АЦП получается набор модулированных гармонических поднесущих, а во втором в качестве поднесущих выступают шумоподобные сигналы, каждый из которых занимает всю выделенную полосу частот.

Такой подход к формированию группового сигнала канала радиодоступа позволяет исключить ряд ключевых проблем, связанных с использованием OFDM сигналов: снижение пропускной способности из-за использования циклических префиксов и передачи тестовых сигналов для работы эквалайзера, глубокие релейские замирания сигнала в многолучевом канале, жесткую размерность ресурсного блока. Кроме того, замена типа используемого БПФ позволяет сократить объём выполняемых элементарных арифметических операций до 3,5 раз.

Структура группового сигнала, формируемого на основе циркулярных матриц многопозиционных ЛРП, позволяет присоединить к нему сверхдлинный шумоподобный синхросигнал, обнаружение которого производится на основе БПФ такого же типа, что и обработка группового информационного сигнала. Непрерывное слежение за синхросигналом позволяет сохранять синхронизацию при доплеровских сдвигах частоты вплоть до 1400 Гц. При этом точность оценки фазовых сдвигов сигналов лучей по синхросигналу в многолучевом канале достигает  $(5-7)^\circ$ , а временной задержки лучей — порядка 0,1 длительности тактового импульса. Это позволяет обеспечить выигрыш при обработке информационных сигналов в многолучевом канале порядка (3–5) дБ в отношении сигнал/шум по мощности, по сравнению с OFDM сигналами, хотя и приводит к увеличению сложности цифрового алгоритма обработки сигналов в 2,3–3 раза для случая разделения сигналов двух-трёх лучей.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методов ускоренного декодирования циклических многопозиционных блочных кодов максимальной длины на базе обобщённого БПФ применительно к групповым сигналам систем радиодоступа.

Достоверность результатов диссертации подтверждается использованием компьютерного моделирования алгоритмов обработки и формирования сигналов, их апробацией на кон-

Вход. № 140/26  
« 09 » 06 2026  
подпись

ференциях, а также 18 публикациями (3 статьи из списка ВАК и 3 публикации в базе Scopus). Также получено 14 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания по автореферату:

1. Показано, что вычислительная сложность предлагаемого алгоритма обработки сигнала в двух-трех-лучевом канале связи возрастает в (2,3–3) раза по сравнению с обработкой многолучевого сигнала с любым числом лучей в случае OFDM, что может быть критично для маломощных устройств, но не указано, как меняется сложность алгоритма при увеличении числа разделяемых лучей.

2. Утверждается, что выигрыш обобщенного БПФ по числу арифметических операций достигает 3,5 раз, однако неясно, достигается ли этот выигрыш в реальной аппаратной реализации с учетом передискретизации.

Указанные замечания существенным образом не снижают ценности результатов, полученных в диссертации. Диссертация «Повышение эффективности систем радиодоступа на основе циркулярных матриц многопозиционных линейных рекуррентных последовательностей» является законченной научно-исследовательской работой, соответствует паспорту заявленной специальности, 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, Приоров Андрей Леонидович, 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 цифровых технологий и машинного обучения  
Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова,  
д.т.н., профессор

Приоров Андрей Леонидович

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

150003, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, лаб. 309.

Телефон +7(4852) 79-77-75, e-mail: andcat@yandex.ru

29.05.2026

Подпись профессора Приорова А.Л. удостоверяю

Заместитель начальника управления  
директор центра кадровой политики  
  
Л.Н. Куфирина

