

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации КИСЕЛЕВОЙ Татьяны Павловны на тему «Корреляционный метод синхронизации по границам OFDM-символов кадра стандарта LTE», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы диссертационного исследования Киселевой Т.П. обусловлена тем, что в современных системах беспроводной связи задачи быстрой и точной временной синхронизации непосредственно влияют на устойчивость приема, скорость вхождения в синхронизм и эффективность использования радиоресурса. Для систем стандарта LTE, физический уровень которых основан на ортогональном частотном разделении каналов с мультиплексированием (OFDM), вопросы определения границ символов и сокращения времени синхронизации имеют принципиальное значение, особенно в многолучевых каналах и в условиях подвижности абонентов. Это соответствует как нормативной базе LTE, где OFDM является базовым механизмом физического уровня, так и более широким современным требованиям к точной синхронизации в телекоммуникационных сетях.

В автореферате убедительно показано, что проблемная ситуация связана с необходимостью сокращения времени символьной и кадровой синхронизации без существенного усложнения существующих аппаратно-программных решений.

Цель работы сформулирована как повышение эффективности системы связи стандарта LTE за счет уменьшения времени символьной и кадровой синхронизации базовой станции с пользователями, а научная задача состоит в разработке метода и алгоритмов синхронизации OFDM-символов, обеспечивающих такое сокращение в условиях рэлеевского канала связи. Объектом исследования определены последовательности для формирования циклических интервалов символов OFDM, а предметом – методы и алгоритмы корреляционной синхронизации.

**Научную новизну** полученных результатов определяют:

- сформулированные и доказанные утверждения, позволяющие выбирать последовательности с хорошими корреляционными свойствами на основе максимума мерит-фактора аperiodической автокорреляционной функции для ПСП, M-последовательностей и CAZAC-последовательностей;

- разработанная математическая модель синхронизации символов OFDM кадра стандарта LTE на физическом уровне, которая, в отличие от базового варианта, учитывает возможность формирования циклического префикса и конца OFDM-символов последовательностями CAZAC либо их суммой с двоичными данными;

- предложенный корреляционный метод синхронизации по границам OFDM-символов стандарта LTE, который, согласно материалам автореферата, обеспечивает уменьшение времени синхронизации до 2,6 раза в рэлеевском канале при различных профилях задержек;

- разработанные алгоритмы формирования символов OFDM и обработки окна приема, обеспечивающие адаптацию к различным условиям канала и повышение точности определения границ символов до  $\pm 2$  временных отсчетов.

**Теоретическая значимость** работы состоит в развитии корреляционных методов синхронизации для OFDM-систем применительно к LTE. Автором не просто

Вход. № 59/26  
« 10 » 04 2026 г.  
подпись

рассматриваются известные схемы, а предлагается математически обоснованное расширение подхода за счет специального формирования циклического префикса и конечных интервалов OFDM-символов. Существенным теоретическим результатом является также увязка свойств используемых последовательностей, характеристик автокорреляционных функций и параметров канала с оценками времени вхождения в синхронизм. Тем самым работа вносит вклад в развитие методов временной синхронизации для широкополосных телекоммуникационных систем.

**Практическая значимость** диссертации определяется тем, что разработанный метод, как указывает автор, может применяться в современных системах связи с минимальным внесением изменений в существующие программно-аппаратные решения. В автореферате приведены результаты для различных профилей задержек LTE, в том числе ETU, EVA и EPA, а также показано уменьшение дробной части фазового смещения пиков циклической АКФ до 88% по сравнению с базовым вариантом заполнения циклического префикса. Отдельно следует отметить наличие результатов прикладного характера: двух патентов Российской Федерации и свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, связанной с моделированием циклической автокорреляционной функции циклических префиксов OFDM-символов кадра LTE.

**Достоверность** полученных результатов обеспечивается корректным использованием методов теории вероятностей, математической статистики, статистической радиотехники, теории связи, корреляционного анализа и имитационного моделирования. Апробация результатов подтверждается их обсуждением на российских и международных научно-технических конференциях в период 2020–2023 гг. Автореферат также фиксирует публикационную активность автора: по теме диссертации опубликованы 6 статей в изданиях из перечня ВАК, 3 статьи в сборниках трудов конференций, получены 2 патента и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Все изложенное позволяет сделать вывод о том, что автореферат написан на хорошем научно-техническом уровне, изложен последовательно и логично. В нем четко представлены актуальность темы, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации и публикациях автора. При этом сама структура автореферата выглядит цельной, а полученные результаты – внутренне согласованными.

Вместе с тем можно отметить ряд замечаний, не снижающих общего положительного впечатления от работы:

1. В автореферате показана эффективность предложенного метода применительно к стандарту LTE, однако возможности переноса результатов на иные OFDM-системы обозначены скорее имплицитно. Поскольку в тексте упоминаются WiMAX, WLAN, DVB-T2, 5G NR и низкоорбитальные спутниковые системы, полезно было бы более четко развести, какие элементы метода являются специфичными именно для LTE, а какие могут быть непосредственно обобщены на другие телекоммуникационные стандарты.

2. Автор приводит убедительные результаты по сокращению времени синхронизации и повышению точности определения границ символов, однако в автореферате сравнительный анализ с альтернативными современными методами временной синхронизации дан преимущественно в логике сопоставления с базовым вариантом и прототипом. Для усиления аргументации было бы желательно

представить более развернутое сравнение с несколькими известными алгоритмами синхронизации OFDM-сигналов из современной литературы по единой системе метрик.

3. В работе рассматриваются различные варианты заполнения циклического префикса и конца символов, включая использование CAZAC-последовательностей и их суммы с информационными данными. Вместе с тем, в автореферате хотелось бы видеть более детальное обсуждение вычислительной сложности и потенциальных ограничений практической реализации предложенных алгоритмов при масштабировании на реальные многопользовательские сценарии и при жестких требованиях к задержке обработки.

### **Вывод.**

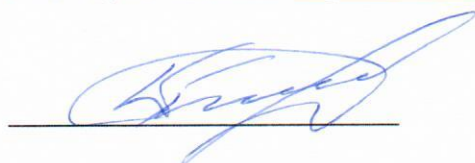
Диссертация Киселевой Татьяны Павловны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача разработки корреляционного метода синхронизации по границам OFDM-символов кадра стандарта LTE, обеспечивающего сокращение времени синхронизации и повышение точности определения границ символов в условиях рэлеевского канала связи. Полученные автором результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, а их апробация и публикационная представленность являются достаточными для диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Киселева Татьяна Павловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Заместитель руководителя группы Научного центра информационных технологий и искусственного интеллекта Университета «Сириус»,  
доктор технических наук, доцент

К.О. Гнидко

«10» апреля 2026 г.

Адрес места основной работы:  
354340, РФ, Краснодарский край, ФТ «Сириус», Олимпийский проспект, д. 1,  
АНОО ВО «Научно-технологический университет «Сириус»  
Рабочий телефон: 8 (862) 241 98 44  
Адрес эл. почты: [gnidko.ko@talantiuspeh.ru](mailto:gnidko.ko@talantiuspeh.ru)  
Сайт организации: <https://siriusuniversity.ru/>



д.т.н., доцент Гнидко К.О.

Докторская диссертация была защищена на специальную тему в 2017 году по специальности 20.02.27 «Информационное противоборство» (технические науки).

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой Киселевой Татьяны Павловны и их дальнейшую обработку.



д.т.н., доцент Гнидко К.О.

Дата подписи:

10 апреля 2026 г.

Подпись Гнидко К.О. заверяю



10.04.2026

Косуля И.С.