



МИНИСТЕРСТВО  
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«Национальный исследовательский центр  
телекоммуникаций имени М.И. Кривошеева»

(ФГАУ НИЦ Телеком)

ОКПО 56622156, ОГРН 1227700388827  
ИНН/КПП 9709082715/770901001

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального  
директора ФГАЦ НИЦ Телеком  
по научной работе, к.т.н.,  
доцент

Д.А. Климов

№

На № 853/02-17 от 16.03.2026

Отзыв ведущей организации



04

2026 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного учреждения «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М.И. Кривошеева» на диссертационную работу Киселевой Татьяны Павловны «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

Повышение скорости и точности синхронизации в системах связи, использующих технологию OFDM, то есть мультиплексирования радиосигналов с ортогональным частотным разделением каналов, в условиях рэлеевского канала с многолучевым распространением задача достаточно актуальная.

В то же время развитие передовых технологий поколения 5G выдвигает высокие требования к скорости, точности и качеству синхронизации систем связи.

Скорость синхронизации определяется протоколами работы базовых станций и аппаратно-программной реализацией на физическом уровне. Она особенно важна для быстрого восстановления синхронизма в процессе хэндовера, либо при смене частотных диапазонов при динамическом распределении частотно-временных ресурсов.

### Научная новизна диссертации

Идея применения корреляционных методов цифровой обработки сигналов для целей синхронизации, в том числе и при использовании OFDM, далеко не

Вход. № 1277/02-17  
« 04 » 04 2026  
подпись

нова, но они исследовались, как правило, для каналов с белым гауссовским шумом и достаточно высоким отношением сигнал/шум, но не для рэлеевского канала с многолучевым распространением и замираниями сигналов. Данная диссертация в определённой степени заполнила этот пробел.

Научная новизна работы заключается в разработке нового корреляционного метода синхронизации по границам символов OFDM с использованием CAZAC последовательностей, что способствует уменьшению времени синхронизации кадра в рэлеевском канале. Определение критериев выбора последовательностей с хорошими корреляционными свойствами для применения в разработанном методе синхронизации также является значимым научным результатом.

Применение выбранных последовательностей с хорошими корреляционными свойствами, а также методов и алгоритмов модификации символов OFDM кадра стандарта LTE, а также способов корреляционной обработки принятого кадра влияет в итоге на сокращение среднего значения времени синхронизации как при первом включении абонента, так и при случайной потере синхронизации.

### **Практическая значимость диссертации**

Даны практические рекомендации по особенностям применения разработанного метода синхронизации при выборе обработки кадра как при первом включении, так и при случайной потере синхронизации в радиолинии.

Также разработаны алгоритмы корреляционной обработки принятого кадра, на основе которых может быть реализовано соответствующее программное обеспечение для базовой станции.

Представленный в диссертации метод позволяет существенно сократить время синхронизации на первых двух этапах корреляционной синхронизации на физическом уровне без значительных аппаратно-программных затрат.

### **Замечания**

1. Рис. 1.2 выполнен не вполне корректно, поскольку на нём не показано, откуда берутся поднесущие частоты для OFDM.

2. На стр. 26 и 40 приведено спорное утверждение о том, что «... недостаток представленных методов синхронизации заключается в их применимости: в гауссовском канале с ОСШ более 17» (50-кратное превышение мощности сигнала над мощностью шума). Также неясно, зачем моделировать указанные каналы с ОСШ до 50 дБ (стр. 39, 94, 101), то есть почти совсем без шума.

3. Представленная рис. 1.6 «центральная часть частотного диапазона кадра LTE» никак не прокомментирована, что затрудняет восприятие.

4. Не ясно, каким образом построены графики автокорреляционных функций, приведённые на рис.2.4 а, б, в, (стр.58).

5. Недостаточно раскрыто, чем вызвано неожиданное увеличение среднего времени вхождения приёмника в синхронизм при 17-ти элементах в

циклическом префиксе (красные кривые на рис. 3.9, стр. 103). Аналогичный вопрос возникает и при рассмотрении рис. 3.10 (стр. 105): чем обусловлены такие резкие «переломы» зависимостей.

6. Не раскрыт термин «ложная тревога» (стр. 103); этот термин относится скорее к радиолокации, но не к данной теме.

7. Математические выкладки и их обоснования также не вполне корректны.

Так, утверждение, что «фаза коэффициента передачи Рэлеевского канала равновероятно распределена...» (стр. 17), не совсем правильна, поскольку понятие равной вероятности может быть справедливо только для дискретного вероятностного пространства, а для непрерывного все значения случайной величины равновероятно равны нулю. В данном случае должно быть «...равномерно распределена...».

В формуле для плотности распределения вероятностей рэлеевского закона на той же странице требуется указать, что данное соотношение верно только при неотрицательных значениях аргумента и равно нулю в остальных случаях.

В представленной на стр. 19 формуле для среднеквадратического отклонения (названного в диссертации среднеквадратическим разбросом) параметр  $\sigma_m$  назван математическим ожиданием, хотя он является его оценкой – выборочным средним. Кроме того, в описании формулы указано, что  $\sigma_m$  является математическим ожиданием  $\sigma_i$ , хотя в формуле эти величины представляют собой реализации некой случайной величины, которая в тексте даже не описана.

На стр. 20–21 написано «...модуль корреляционной функции.. хотя приведена сама корреляционная функция. Кроме того, в этой формуле не указано, что представляет собой параметр  $\theta$ . Аналогичная проблема в представленной ниже на той же странице формуле для функции правдоподобия.

На стр. 22 указано «...L – число временных отсчётов на интервале  $R_{yz}(\tau)$ ...». Но  $R_{yz}(\tau)$  не может быть «интервалом».

8. Отсутствует перечень сокращений и обозначений в диссертации.

### **Заключение**

Тема и содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» в части пункта № 2 «Исследование новых технических, технологических и программных решений, позволяющих повысить эффективность развития цифровых сетей, систем и устройств телекоммуникаций». Основные научные положения и выводы диссертации отражены в автореферате, обладают новизной, теоретической и практической ценностью, подтверждённой расчётами,

моделированием и натурными испытаниями. Положения, выносимые на защиту отражены в научных публикациях и апробированы на научных конференциях.

Несмотря на указанные выше замечания диссертационная работа Киселевой Татьяны Павловны соответствует требованиям **Положения о порядке присуждения ученых степеней**, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв подготовлен комиссией НТС научно-технического центра Систем спутниковых телекоммуникаций (НТЦ ССТ) ФГАУ НИЦ-Телеком, протокол НТС № 2/26 от 06 апреля 2026 г.

Председатель комиссии,  
зам. председателя НТС ССТ,  
к.т.н., с.н.с.  
« 08 » 04 2026 г.

В.С. Алешин

Подпись В.С. Алешина заверяю.

Ведущий специалист ОК  
Никулина Е.С.  
« 08 » 04 2026 г.



### Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М.И. Кривошеева» (ФГАУ НИЦ Телеком).

Адрес: 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16.

Веб-сайт: <https://www.nic-t.ru>.

тел.: +7 (499) 647-17-77.

Адрес электронной почты: [info@nic-t.ru](mailto:info@nic-t.ru)