

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.002.01
НА БАЗЕ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ» (подведомственного Министерству цифрового
развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 20.05.2026 г. г. N 158 о присуждении гражданке *Киселевой Татьяне Павловне* ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Корреляционный метод синхронизации по границам OFDM символов кадра стандарта LTE» по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 06.03.2026 г., протокол №149 диссертационным советом 55.2.002.01 на базе Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (далее МТУСИ), Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8а, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 244/нк от 03 марта 2016 г., изменения в составе утверждены Приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 37/нк от 30.01.2019, № 599/нк от 15.10.2020, №804/нк от 16.12.2020 г., № 331/нк от 12.04.2021г., № 679/нк от 24.06.2022г., № 1215/нк от 12.10.2022г., № 29/нк от 20.01.2025 г., №433/нк от 26.05.2025 г., №910/нк от 25.09.2025, №36/нк от 26.01.2026, 315/нк от 20.04.2026.

Соискатель *Киселева Татьяна Павловна* «02» декабря 1954 года рождения, в 2020 году окончила очную аспирантуру МТУСИ по направлению подготовки 11.06.01 - «Электроника, радиотехника и системы связи» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Кандидатские экзамены сданы в МТУСИ (имеется *справка* о сдаче экзаменов от 11.09.2025 г.). Пенсионер.

Диссертация выполнена на кафедре Радиотехнические системы МТУСИ.

Научный руководитель – доктор технических наук Рюмшин Константин Юрьевич, работает в МТУСИ в должности профессора кафедры "Радиотехнические системы"

Официальные оппоненты:

1. Зеленовский Владимир Владимирович – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры № 43 Филиала федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого» Министерства обороны РФ в г. Серпухове.

2. Овсянкин Сергей Владимирович – к.т.н., ведущий инженер-программист отдела программного и математического обеспечения акционерного общества «Технологический институт адаптивных систем».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М. И. Кривошеева» (далее ФГАУ НИЦ Телеком), г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Алешиным Виктором Сергеевичем, к.т.н., с.н.с., Председателем комиссии НТС, заместителем Председателя научно-технического центра Систем спутниковых телекоммуникаций, указала, что диссертация имеет значение для развития корреляционных методов синхронизации систем связи в Рэлеевском канале.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них 6 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 1 работа, индексируемая в международной базе SCOPUS и 2 публикации в других индексируемых научных журналах и изданиях.

Основные публикации:

Статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК:

1. Киселева Т.П. Использование последовательностей Задова – Чу для синхронизации по корреляционной кривой циклического префикса OFDM – символов LTE технологии/Т.П. Киселева// Цифровая обработка сигналов. – 2020. – №1. – С. 13-17. (личный вклад – 100%)
2. Киселева Т.П. Расчет времени вхождения в синхронизм на этапе синхронизации по циклическому префиксу символов в технологии LTE OFDMA /Т.П. Киселева// Цифровая обработка сигналов. – 2020. – №4. – С.43 – 48. (личный вклад – 100%)
3. Киселева Т.П. Методика восстановления информации конца OFDM символов, суммируемых с CAZAC последовательностями при синхронизации по циклическому префиксу/Т.П. Киселева// Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Том 16, №8. – С. 21 – 29. (личный вклад – 100%)
4. Рюмшин К.Ю., Киселева Т.П. Исследование последовательностей для формирования синхросигнала PSS кадра низкоорбитальной спутниковой системы связи и передачи данных/К. Ю. Рюмшин, Т.П. Киселева //Цифровая обработка сигналов. – 2024. – №2. – С.35-43. (личный вклад – 90%)
5. Рюмшин К.Ю., Киселева Т.П. Сравнительный анализ корреляционных свойств двоичных и многофазных последовательностей/ К. Ю. Рюмшин, Т.П. Киселева // i-methods. – Т. 13, №4. – 2024. – 21с. (личный вклад – 70%)
6. Рюмшин К.Ю., Киселева Т.П. Математическая модель синхронизации символов OFDM стандарта LTE на физическом уровне/К. Ю.

Рюмшин, Т. П. Киселева//Цифровая обработка сигналов. – 2025. – №4. – С.3-10.
(личный вклад – 70%)

Статьи в сборниках трудов конференций:

7. Киселева Т.П. Исследование смещения частоты OFDM символов в технологии LTE на этапе синхронизации по циклическому префиксу, заполняемому элементами последовательностей Задова – Чу./ Т. П. Киселева// М.: Сб. трудов XV Международной отраслевой научно – технической конференции "ТИО". – Март 2021 – С.105 – 110. (личный вклад – 100%)

8. Киселева Т.П. Алгоритм синхронизации по циклическому префиксу OFDM-символов технологии LTE с определением дробной части фазового смещения/Т. П. Киселева//М.: Сб. трудов XXIV Международной научно – технической конференции "Цифровая обработка сигналов и ее применение". – 30 марта – 1 апреля 2022г. – С.162-167. (личный вклад – 100%)

9. Kiseleva T.P. The time of entering into synchronism during synchronization according to the cyclic prefix OFDM symbols formed by the sum of information and multiphase sequences/ Т. P. Kiseleva// IEEE Xplore Digital Library. – March 2023. (IEEE Conference Record #56737) (личный вклад – 100%)

Патенты и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. Патент №2766286 Российская Федерация, МПК Н 04 W 4/00, Н 04 L 27/00. Применение комплексных последовательностей Задова - Чу для заполнения циклического префикса OFDM-символов технологии LTE / Т.П. Киселева; заявитель и патентообладатель Т.П. Киселева. – №2021102576; заявл. 04.02.2021; опубл. 11.03.2022, Бюл. № 8 – 10с: ил. (личный вклад – 100%)

2. Патент №2821059 Российская Федерация, МПК Н 04 J 13/00, Н 04 L 27/00. Способ заполнения циклического префикса OFDM-символов суммой информационных элементов конца OFDM-символа с элементами последовательностей Задова-Чу, Фрэнка / Т.П. Киселева; заявитель и патентообладатель Т.П. Киселева. – №2023119604; заявл. 25.07.2023; опубл. 17.06.2024, Бюл. № 17 – 19с: ил. (личный вклад – 100%)

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021665282 Российская Федерация. Программа моделирования циклической автокорреляционной функции циклических префиксов OFDM символов кадра технологии LTE для синхронизации мобильного пользователя и сотовой станции / Т.П. Киселева; заявитель и правообладатель Т.П. Киселева. – № 2021664323; заявл. 09.09.2021; опубл. 22.09.2021. – 1 с. (личный вклад – 100%)

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступило 13 положительных отзывов от официальных оппонентов Зеленовского Владимира Владимировича, Овсянкина Сергея Владимировича, ведущей организации - ФГАУ НИЦ Телеком, АНО "Институт инженерной физики" Московская область, г. Серпухов, АНОО ВО «Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край, ФТ Сириус, ФГУП НТЦ Орион, АНО ВО Университет Иннополис, АО НПК Криптонит, АО НПО Обуховский завод, ГУАП, ФГБНУ Аналитический центр, ЗАО Региональный научно-исследовательский экспертный центр, МГТУ ГА.

Были отмечены следующие недостатки:

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

2. На стр. 26 и 40 приведено весьма спорное утверждение о том, что «...недостаток представленных методов синхронизации заключается в их применимости: в гауссовском канале с ОСШ более 17 дБ» (50-кратное превышение мощности сигнала над мощностью шума)! Также непонятно, зачем моделировать указанные каналы с ОСШ до 50дБ?(стр. 39, 94, 101), т.е. 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, приведенные на рис. 2.4 а, б, в, (стр. 58).

5. Недостаточно раскрыто, чем вызвано неожиданное увеличение среднее время вхождения приемника 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 обоснование 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 σ_m назван математическим ожиданием, хотя он является его оценкой – выборочным средним. Кроме того, в описании формулы указано, что σ_m является математическим ожиданием σ_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 θ . Аналогичная проблема в представленной ниже на той же странице формуле для функции правдоподобия.

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

8. Отсутствует перечень сокращений и обозначений в диссертации.
9. Различия в стиле оформления графиков – стиль выполнения рисунков 3.9, 3.11, 3.12 существенно отличается от стиля рисунков 3.13 – 3.16, хотя, по существу, это графики среднего времени синхронизации в том и другом случае.
10. Подраздел 3.5.3 желательно было бы дополнить сводной таблицей, включающей значения среднего времени синхронизации и точности попадания в границы символов кадра для различных вариантов числа элементов исследуемых последовательностей в зависимости от всех предлагаемых условий проведения испытаний, что способствует лучшему восприятию данной информации, имеющей сравнительный характер.
11. Отсутствие конкретных примеров случайной потери синхронизации ранее синхронизированных пользователей, а также срыва синхронизации при таких операциях, как хэндовер.
12. Желательны более подробные описания алгоритмов построения и обработки кадра LTE DL, представленных на рисунках 4.2 – 4.6.
13. Из CAZAC последовательностей в диссертационной работе рассмотрены только две – последовательности Задова – Чу и Фрэнка, что недостаточно с учетом широкого разнообразия существующих последовательностей, применяемых в технике связи и обработки информации.
14. К положениям научной новизны можно отнести следующее: применение многофазных последовательностей для модификации концов символов OFDM наиболее эффективно по сравнению с любыми другими последовательностями для получения наибольшей точности границ символов OFDM для различных стандартов систем связи с OFDM построением символов кадров/пакетов.
15. Раздел автореферата «Основное содержание диссертационной работы» желательно дополнить оценкой числа битовых ошибок приема двоичных

данных для пользователей центрального частотного диапазона кадра LTE при базовом варианте формирования кадра и при заполнении концов символов суммой двоичных данных и CAZAC последовательностей.

16. В автореферате не указаны основные недостатки разработанного метода модификации OFDM символов ресурсной сетки кадра стандарта LTE.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. В разделе автореферата «Основное содержание диссертационной работы» отсутствует сравнительная оценка числа битовых ошибок приема

двоичных данных для пользователей, получивших ресурсные блоки в центральном частотном диапазоне кадра LTE DL, при базовом варианте формирования символов кадра и при заполнении концов символов суммой двоичных данных и CAZAC последовательностей в рамках применения разработанного метода синхронизации.

21. В автореферате не перечислены недостатки разработанного метода модификации OFDM символов ресурсной сетки кадра стандарта LTE для двух вариантов заполнения концов символов.

22. Желательно было подробнее раскрыть методологические подходы автора к оцениванию сложности разработанных алгоритмов синхронизации по границам символов OFDM стандарта LTE, а также подробнее остановиться на результатах сравнения полученных оценок с оценками сложности других известных алгоритмов синхронизации.

23. Целесообразно было бы раскрыть границы применимости полученных научно-технических результатов для систем связи и передачи данных стандарта LTE и для других известных стандартов, в частности для WiMAX, WLAN, DVB-T2, 5G NR и др.

24. В разделе «Основное содержание диссертационной работы» результаты оценивания среднего значения времени синхронизации, приведенные в таблице 2, необходимо дополнить графическим материалом, поясняющим данные оценки.

25. Недостаточно пояснений к рисунку 1 – Центральная часть частотного диапазона кадра LTE DL, отражающая ресурсную сетку кадра. Из комментария к рисунку ресурсной сетки непонятно, какие символы являются "пустыми" и используются для модификации путем заполнения их конечных элементов CAZAC последовательностями.

26. В автореферате не указаны основные недостатки разработанного метода синхронизации по границам OFDM символов кадра стандарта LTE.

27. К положениям научной новизны можно отнести принципиальное предпочтение многофазных последовательностей для модификации концов

символов OFDM перед любыми другими последовательностями при синхронизации по границам символов OFDM различных стандартов систем связи с OFDM построением символов кадра/ пакета.

28. Из содержания автореферата непонятно, какими недостатками обладает разработанный метод синхронизации по границам символов OFDM применительно к синхронизации кадров стандарта LTE.

29. В тексте автореферата на стр. 6, 19-21, 25 не раскрыт радиолокационный термин "ложная тревога" в применении к специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

30. В автореферате нет оценки недостатков разработанного метода модификации OFDM символов ресурсной сетки кадра стандарта LTE для двух вариантов заполнения концов символов.

31. В разделе автореферата «Основное содержание диссертационной работы» нет сравнительной оценки числа битовых ошибок приема двоичных данных для пользователей, получивших ресурсные блоки в центральном частотном диапазоне кадра LTE DL, при базовом варианте формирования символов кадра и при заполнении концов символов суммой двоичных данных и CAZAC последовательностей в рамках применения разработанного метода синхронизации.

32. В автореферате не перечислены недостатки разработанного метода модификации OFDM символов ресурсной сетки кадра стандарта LTE для двух вариантов заполнения концов символов.

33. При формулировании условий исследований не учтена возможность снижения отношения сигнал/ шум в канале связи до отрицательных величин вследствие возникающих затуханий сигнала.

34. В выражении (1) в автореферате (стр.8) сохранена ссылка на список литературы, приведенный в диссертационной работе, но отсутствующий в автореферате.

35. В разделе автореферата «Основное содержание диссертационной работы» из описания рисунка 1 «Центральная часть частотного диапазона кадра

LTE, отражающая ресурсную сетку кадра (по горизонтали — временная ось символов кадра, по вертикали частотная ось поднесущих частот)» непонятно, какая часть элементов ресурсной сетки кадра LTE DL используется при модификации символов путем заполнения их конечных элементов CAZAC последовательностями.

36. Нет графических иллюстраций значений среднего времени синхронизации $M^{-1} \{TSYN\}$, представленных в таблице 2 для исследуемых последовательностей и их комбинаций.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и представители ведущей организации имеют значительное количество публикаций, близких к теме диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Проведена оценка среднего значения времени синхронизации по границам символов OFDM кадра при применении CAZAC последовательностей для модификации символов центрального частотного диапазона кадра LTE;
- оценена точность синхронизации по границам символов OFDM при применении CAZAC последовательностей;
- проведены исследования оценок характеристик синхронизации в условиях Рэлеевского канала при ОСШ 0дБ – 50 дБ, стандартах профилей задержек плотной городской застройки, низкоскоростного и высокоскоростного движения пользователей для CAZAC последовательностей Фрэнка и Задова-Чу различной длины (9 – 63 элемента).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработан новый метод временной корреляционной синхронизации по границам символов OFDM, снижающий время синхронизации до 2,6 раз по сравнению с базовым вариантом без модификации символов на первом этапе временной синхронизации с повышением точности синхронизации ~в 10 раз по сравнению с базовым вариантом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что применение на практике разработанного метода синхронизации и алгоритмов не требует значительных аппаратно-программных коррекций в существующих системах связи.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается применением в процессе научного исследования методов математической статистики, статистической радиотехники, теории связи, теории корреляционного анализа, методов имитационного математического моделирования. Результаты научного исследования были апробированы в процессе обсуждений на научно-технических конференциях:

- XIV Международной отраслевой научно – технической конференции "Технологии информационного общества" 18 – 19 марта 2020г., г. Москва,
- XIV Всероссийской научно – технической конференции "Радиолокация и радиосвязь" 23 – 25 ноября 2020 г., г. Москва,
- XV Международной отраслевой научно – технической конференции "Технологии информационного общества" 3 – 4 марта 2021г., г. Москва,
- XXIV Международной конференции "Цифровая обработка сигналов и ее применение — DSPA-2022" 30 марта – 1 апреля 2022г., г. Москва, – IEEE Conference № 56737 "2023 Systems of signals generating and processing in the field of onboard communications" 14 – 16 March, Moscow.

Личный вклад соискателя состоит в авторстве идеи применения CAZAC последовательностей для использования в повторяющихся интервалах символов OFDM, что позволяет повысить скорость синхронизации по границам символов в Рэлеевском канале. Все исследования проведены соискателем лично.

Диссертация Киселевой Татьяны Павловны является научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – разработки метода и алгоритмов синхронизации символов OFDM в системах связи стандарта LTE, позволяющих сократить время символьной и кадровой синхронизации базовой станции с пользователями в Рэлеевском канале связи.

По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям п.п. 9-10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор Киселева Татьяна Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании «20» мая 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Киселевой Татьяне Павловне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 2.

Председатель

диссертационного совета



А.С. Аджемов

Ученый секретарь

диссертационного совета

М.В. Терешонок

Заключение совета составлено «20» мая 2026 г.