

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Савостьянова Владимира Юрьевича на диссертационную работу Чинь Нгок Хиеу на тему «Алгоритмы многоканальной фильтрации импульсных радиосигналов с переменным периодом повторения на фоне узкополосных помех», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность темы исследования. Первичная когерентная обработка периодических импульсных сигналов играет важную роль в радиотехнических, в том числе радиолокационных системах. Способы обработки таких сигналов хорошо известны и широко применяются в различных радиотехнических системах, в частности в подсистемах обработки сигналов на основе многоканальных частотных фильтров (МЧФ). Традиционно здесь используются сигналы с постоянным периодом повторения импульсов, а их обработка чаще всего основывается на алгоритмах быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Однако при использовании сигналов с переменным периодом повторения эффективность их обработки в МЧФ и точность оценки параметров таких сигналов существенно снижаются, поскольку алгоритмы БПФ основываются на представлении входных данных в виде эквидистантной последовательности. Для решения этой проблемы в значительной мере позволяют методы оптимальной обработки радиосигналов. Поэтому диссертационная работа Чинь Нгок Хиеу, посвященная разработке алгоритмов для повышения эффективности МЧФ и уменьшения погрешности оценки параметров сигналов с переменным периодом повторения импульсов, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и трех приложений.

Во введении автор обосновал актуальность темы исследования, представил оценку уровня ее проработанности в отечественной и зарубежной научно-технической литературе, определил объект и предмет исследования, а также грамотно сформулировал цель и задачи диссертационного исследования, раскрыл научную новизну полученных результатов и сформулировал основные защищаемые научные положения диссертации.

В первой главе рассмотрены временная и спектральная структуры неэквидистантной последовательности радио и видеоимпульсов при наличии частотной (доплеровской) модуляции. Определены корреляционные матрицы сигнала и помехи с учетом степени вобуляции периода повторения импульсов. Проведен анализ структуры процессоров МЧФ и их частотных характеристик. Предложены критерии для оценки эффективности многоканальной частотной фильтрации, позволяющие синтезировать структуры процессоров.

Вторая глава посвящена оценке эффективности многоканальной частотной фильтрации на фоне белого шума и на фоне помехи с белым шумом. Проведен сравнительный анализ эффективности МЧФ при применении различных процессоров и весовых окон. Разработаны алгоритмы для оценки доплеровского смещения частоты сигналов с переменным периодом повторения импульсов, в том числе на основе метода максимального правдоподобия и параболической интерполяции. Проведен сравнительный анализ погрешности оценки частоты при применении классического и модифицированного алгоритмов БПФ.

В третьей главе спроектированы архитектуры классического и модифицированного алгоритмов БПФ для их реализации на программируемой логической интегральной схеме. Разработан макет для практического подтверждения результатов работы. Эксперимент выполнен с использованием MATLAB и отладочной платы с чипами Altera Cyclone IV. Проведен анализ используемых ресурсов для реализации архитектур процессоров БПФ и времени выполнения. Результаты экспериментов согласуются с результатами теоретических расчетов и имитационным компьютерным моделированием.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования.

Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм спектральной обработки сигналов с неэквидистантным периодом повторения импульсов на фоне шумов, отличающийся от известных алгоритмов, основанных на классическом БПФ, введением дополнительных множителей, учитывающих степень вобуляции периода следования.
2. Разработана комбинация алгоритмов БПФ (классического и модифицированного) для обработки сигналов с переменным периодом повторения импульсов на фоне узкополосной помехи, определяющая рациональный выбор

количества частотных каналов обработки, реализуемых классическим и модифицированным алгоритмами БПФ.

3. Разработаны алгоритмы, позволяющие уменьшить погрешность оценки доплеровского смещения частоты сигнала, в том числе, полученные методом максимального правдоподобия и интерполяционным методом с учетом степени модуляции периода повторения импульсов.

Оценка значимости для науки и практики результатов диссертации, возможные конкретные пути их использования.

Автором разработаны алгоритмы БПФ и реализованы их архитектуры в реальном аппаратном устройстве для обработки последовательности импульсов с неэквидистантным периодом повторения. При этом экспериментально подтверждено повышение эффективности многоканальной фильтрации, выражающееся в увеличении среднего выигрыша в отношениях сигнал/шум и сигнал/(помеха+шум), а также в уменьшении погрешности оценки модулирующей частоты.

Внедрение результатов работы. Результаты диссертации внедрены в АО «Торговля и развитие электронных технологий E-STARs» (Социалистическая Республика Вьетнам) и в РГРТУ им. В.Ф. Уткина при изучении дисциплины "Методы спектрального анализа сигналов" магистрантами направления "Радиотехника" 11.04.01 (разработаны методические указания, лабораторный макет и программное обеспечение к нему).

Достоверность полученных результатов основана на использовании апробированных математических моделей корреляционных матриц сигнала и помех, критериев синтеза и анализа алгоритмов в соответствии с классическими статистическими методами, а также корректности выполненных математических преобразований. Эта достоверность подтверждается работоспособностью алгоритмов, реализованных с помощью компьютерного моделирования, а также их реализацией на физическом уровне.

Основные выводы и результаты диссертации **докладывались** на представительных научно-технических конференциях и **опубликованы** в научных трудах, среди которых 5 работ опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, включенных в перечень Высшей аттестационной комиссии при

Минобрнауки РФ, 1 работа проиндексированы в международных базах данных Web of Science и Scopus. Получено 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Таким образом, требование об опубликовании полученных результатов в рецензируемых научных изданиях выполнено.

Аннотация диссертации соответствует требованиям по форме и содержанию. Его содержание полностью соответствует основным положениям и выводам, изложенным в диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствуют п.п. 5, 6 паспорта научной специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и п. 13 паспорта научной специальности 2.2.16 «Радиолокация и радионавигация».

Положительные стороны диссертации состоят в комплексном подходе к проблеме, решаемой в диссертации. Это выразилось в подробном обзоре работ по исследуемой теме, последующем критическом сравнительном анализе результатов, разработке моделей и критериев энергетической эффективности и погрешности оценок модулирующей (доплеровской) частоты сигналов, синтезе и анализе модифицированных алгоритмов БПФ с применением современного математического аппарата. Заслуживает положительной оценки полноценное экспериментальное исследование на программируемой логике, внедрение в разработки, в том числе в учебно-лабораторный практикум. Все положения, вынесенные на защиту, прошли апробацию и достаточно полно опубликованы в авторитетных периодических научно-технических изданиях.

Замечания по диссертации

1. В работе не рассмотрен случай, когда облучаемый объект движется с изменением радиальной скорости, например, с радиальным ускорением.
2. Не проведен анализ эффективности алгоритмов оценки доплеровского смещения частоты при наличии нескольких объектов.
3. Оценка энергетической эффективности модифицированных алгоритмов БПФ проводилась при равномерном амплитудном распределении, в то время как оценка погрешности модулирующей частоты – с использованием весовых функций.
4. Эффективность алгоритмов не анализировалась с учетом нестабильности задающего генератора (когерентного гетеродина), приводящей к изменению параметров радиоимпульсов.

Заключение по работе

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

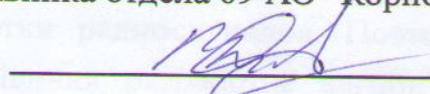
Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны более эффективные, чем известные, алгоритмы обработки сигнала с переменным периодом повторения импульсов, что повышает качественные показатели доплеровского процессора сигналов и уменьшает погрешности оценки их частоты.

Считаю, что диссертационная работа Чинь Нгок Хиеу соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чинь Нгок Хиеу, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Чинь Нгок Хиеу и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент, начальник лаборатории 691 – заместитель начальника отдела 69 АО "Корпорация "Фазотрон-НИИР"



Савостьянов Владимир Юрьевич

Дата « 13 » 01 2026 г.

АО "Корпорация "Фазотрон-НИИР".

Адрес: 115516, г. Москва, бульвар Кавказский, д. 59, эт, пом, ком. 3, XIV, 21.

Телефон: +7 (499) 253-07-46.

E-mail: phazotron@mail.ru.

Подпись д.т.н., доцента Савостьянова Владимира Юрьевича заверяю

*Начальник управления
по работе с персоналом*

(должность, ФИО)

Дата « 15 » 01 2026 г.



С отзывом ознакомлен 22.01.2026

