

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.03,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Рязанский государственный
радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.12.2024 № 13

О присуждении Ву Ба Хунгу, гражданину Республики Вьетнам, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Способы и алгоритмы разрешения и оценивания параметров нескольких сигналов в радиосистемах» по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, принята к защите 16.10.2024 (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.375.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», Министерство науки и высшего образования РФ, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1 приказом Минобрнауки России № 449/нк от 18.12.2013 г., срок полномочий продлён приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Ву Ба Хунг, 24 апреля 1996 года рождения, в 2021 году соискатель окончил ФГКВООУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» по специальности 11.05.02. Специальные радиотехнические системы, получив диплом специалиста с отличием. С 2021 г. по 2024 г. обучается в очной аспирантуре при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и не работает.

Диссертация выполнена на кафедре «Радиотехнические устройства» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель Ключко Владимир Константинович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и информационные технологии в управлении» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина».

Официальные оппоненты:

Бестугин Александр Роальдович, д.т.н., профессор, директор института радиотехники и инфокоммуникационных технологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург;

Давыдочкин Вячеслав Михайлович, д.т.н., начальник отдела СВЧ устройств и антенн ООО «Предприятие «КОНТАКТ-1», г. Рязань.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Веремьёвым Владимиром Ивановичем, кандидатом технических наук, директором НИИ «Прогноз» и утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина), доктором технических наук, доцентом Семеновым Александром Анатольевичем, указала, что работа Ву Б. Х. выполнена на высоком научно-техническом уровне и написана научным языком. Содержание диссертации достаточно полно представляет научные исследования и практические разработки, проведенные автором. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты исследований. Диссертация Ву Б. Х. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи разработки способов и алгоритмов для повышения эффективности работы при получении и обработке радиосигналов от нескольких источников. Предложенные в работе решения позволяют расширить возможности использования радиосистем в интересах радиоконтроля и мониторинга источников сигналов. По своей актуальности, научной новизне,

объему выполненных исследований и практической значимости представленная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ву Ба Хунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, в том числе по теме диссертации опубликована 21 работа, из них 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 6 патентов на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ, 9 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях.

Наиболее значимые работы:

1. Ключко В. К., Ву Б. Х. Алгоритмы повышения разрешающей способности по доплеровской частоте в системе радиоприемников // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2022. № 3. С. 31 – 42. *(Ву Б. Х. участвовал в разработке алгоритмов и провел их исследование).*

2. Ключко В. К., Ву Б. Х. Частотно-временная обработка сигналов в доплеровском радиоприемнике // Цифровая обработка сигналов. 2023. № 2. С. 15 – 21. *(Ву Б. Х. участвовал в разработке алгоритмов и провел их исследование.).*

3. Ключко В. К., Ву Б. Х. Частотно-временная обработка радиосигналов от нескольких движущихся объектов // Цифровая обработка сигналов. 2024. № 1. С. 39 – 44. *(Ву Б. Х. участвовал в разработке алгоритмов и провел их исследование.).*

На диссертацию и автореферат поступило 8 положительных отзывов. Отзывы прислали:

1. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Отзыв подписал профессор-консультант кафедры электроники, д.ф.-м.н., профессор Бобрешов Анатолий Михайлович.

2. Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет “МЭИ”», г. Смоленск. Отзыв подписал заведующий кафедрой Электроники и микропроцессорной техники, д.т.н., профессор Якименко Игорь Владимирович.

3. Акционерное общество «Рязанская радиоэлектронная компания» (АО «РРК»), г. Рязань. Отзыв подписал ведущий инженер-конструктор, к.т.н. Логинов Денис Сергеевич.

4. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир. Отзыв подписал профессор кафедры радиотехники и радиосистем, д.т.н., профессор Полушин Петр Алексеевич.

5. ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград. Отзыв подписал профессор кафедры «Радиофизика», д.т.н., профессор Захарченко Владимир Дмитриевич.

6. Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром. Отзыв подписал профессор кафедры «Радиотехника», д.т.н., профессор Костров Виктор Васильевич.

7. Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, г. Ярославль. Отзыв подписал заместитель начальника кафедры радиотехнических систем, к.т.н., доцент Корягин Михаил Григорьевич.

8. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань. Отзыв подписал профессор кафедры Электронных и квантовых средств передачи информации, д.т.н., доцент Логинов Сергей Сергеевич.

В отзывах указаны следующие замечания:

не совсем ясно, почему упоминается угол между линиями визирования приемников $\alpha = 140-145^\circ$, и как он влияет на результаты. Более четкое объяснение этого момента помогло бы лучше понять методику; в автореферате не упоминаются активные и пассивные помехи, которые играют важную роль в задачах обнаружения сигналов и могут вызывать ошибки первого и второго рода; неясно, почему выбран именно такой тип антенной решетки; в работе основные результаты основаны на моделировании, без экспериментальной проверки в реальных условиях эксплуатации, что ограничивает доказательство их эффективности; из автореферата непонятно, как реализована синхронизация приемников в многопозиционной системе. Это требует более глубокого анализа и

детального объяснения; непонятно, как интерпретировать утверждение о том, что сигнал от каждого источника появляется и присутствует на протяжении всего времени наблюдения. В работе недостаточно подробно рассмотрены случаи, когда сигнал от источника возникает лишь на коротких промежутках времени в течение периода наблюдения. Почему-то нет показателей разрешения сигналов по времени и частоте; подробно проанализированы алгоритмы обработки сигналов для трех приемников. Следовало бы дать определенные рекомендации по ситуациям с использованием большего числа приемников в сложности обработки и другим появляющимся особенностям; остается неясным, каким образом получена для оценки векторов скорости для N приемников ее средняя ошибка (страница 12); сообщается, что предложенные методы и алгоритмы могут быть использованы в других областях, таких как исследование биологических сред и тепловых измерений, однако приводимой пояснительной информации недостаточно для понимания особенностей работы в этих областях; в автореферате не представлены возможные ограничения реализации предложенных методов; отсутствуют также обсуждения условий, при которых эти методы могут быть достаточно эффективными; из автореферата неясно, почему обнаруживается только одно значение величины задержки, в то время как в разных каналах должны быть разные временные задержки; автореферат (с. 1, 4, 5) не содержит достаточного критического анализа существующих частотно-временных методов разрешения сигналов. Более глубокое сопоставление с традиционными подходами могло бы подчеркнуть преимущества предложенных решений; в автореферате приведены графики и результаты моделирования (например, рис. 3 на с.7), но им не всегда сопутствует подробный анализ. Неясно, как именно интерпретируются эти результаты и какие выводы из них следуют; в автореферате не представлена формализованная постановка научной задачи, аналитически не определены рамки исследования, условия и ограничения, что затрудняет суждение о завершённости решения заявленных автором задач; целью диссертации заявлено «повышение эффективности работы радиосистем при разрешении и оценивании параметров нескольких сигналов от источников ...», а в качестве графиков, подтверждающих достижение цели, приведены зависимости

вероятности обнаружения сигналов от отношения сигнал-шум; условие 1 применимости алгоритмов обнаружения сигналов при частотной обработке сигналов в системе приемников, а также при частотно-временной обработке сигналов в системе приемников на стр. 9 «источники находятся в сегменте сферы при условии, чтобы угол α между линиями визирования приемников на источники составлял $\alpha = 140-145^\circ$ », иллюстрируемое с помощью рисунков 9 и 10, требует разъяснения, т.к. в соответствии с рисунком 10 для его обеспечения требуются либо большая база между приёмниками Пр1 и Пр2, либо малое удаление от неё источников сигналов. Кроме того, определение угла α при фиксированном $\Delta\alpha$ (рисунок 10 на странице 13) по формуле $\alpha = \arctan(\sin(\Delta\alpha)/(1 - \cos\Delta\alpha))$ будет справедливо, если источники А и В находятся на прямой, параллельной базе между приёмниками; на странице 7 автореферата автор диссертации приводит выражение для отношения энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума, но в комментарии к данному выражению называет его «отношение мощности сигнала к мощности шума»; диапазоны значений сигнал-шум, приведенные на рисунках 12, 14 обеспечивают практически постоянные вероятности обнаружения сигналов, интересны были бы результаты оценок за пределами выбранных диапазонов отношений сигнал-шум.

Все отзывы **положительные** и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Ву Ба Хунг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной области наук, наличием публикаций по тематике диссертации, что позволяет им определить теоретическую и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны способы и алгоритмы разрешения нескольких сигналов в одном приемнике и в системе нескольких приемников, основанные на совместной обработке сигналов во временной и частотной областях;

предложено оценивать дальности и векторы скорости источников сигналов в системе приемников;

доказана эффективность разработанных способов и алгоритмов путем компьютерного моделирования с получением оценок вероятности обнаружения сигналов;

введены параметры моделей обрабатываемых сигналов, на основе которых разработаны способы и алгоритмы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения эффективности работы радиосистемы за счет внедрения новых способов и алгоритмов обработки сигналов, основанных на частотно-временном анализе в системе приемников;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы теории оценивания, линейной алгебры, математической статистики, математического и компьютерного моделирования;

изложены принципы разрешения сигналов по доплеровской частоте в системе приемников, основанные на различии проекций векторов скорости источников сигналов;

раскрыты проблемы, связанные с трудностью разрешения нескольких сигналов отдельно по времени или по частоте;

изучены вопросы определения параметров сигналов от нескольких движущихся источников;

проведена модернизация методов частотно-временного анализа сигналов за счет новых способов временной обработки и совместной работы приемников.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены способы и алгоритмы частотно-временной обработки сигналов в разработки компании «ТЕХНОЛОГИЯ И ТОРГОВЛЯ

МЕГАЛАЙН» (г. Ханой, Вьетнам) при создании охранных систем, а также в учебный процесс ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»;

определены условия применимости и перспективы внедрения предложенных способов и алгоритмов в существующие и разрабатываемые радиосистемы;

создано программное обеспечение для использования в вычислительных модулях существующих радиосистем;

представлены 6 патентов на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы апробированные модели сигналов и их преобразования в радиосистеме, а также вычислительная среда для имитационного моделирования;

теория построена на известных принципах цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и не противоречит результатам компьютерного моделирования предложенных алгоритмов;

идея базируется на объединении результатов разрешения сигналов, полученных во временной и частотной областях, а также в системе приемников;

использован показатель вероятности обнаружения всех сигналов для сравнения предложенных способов и алгоритмов с известными алгоритмами;

установлено, что разработанные способы и алгоритмы позволяют повысить эффективность работы радиосистемы при разрешении нескольких сигналов и оценивании их параметров;

использованы современные методы цифровой обработки сигналов для разрешения сигналов и оценивания их параметров.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке и внедрении способов и алгоритмов частотно-временной обработки сигналов в одном приемнике, позволяющих повысить вероятность обнаружения всех сигналов с 0,63 до 0,86 с оцениванием их параметров; способов и алгоритмов частотно-временной обработки сигналов в системе приемников,

позволяющих повысить вероятность обнаружения всех сигналов с 0,86 до 0,96 с оцениванием их параметров, а также оценить динамику источников сигналов; разработке программного обеспечения, реализующего предложенные способы и алгоритмы в вычислительной среде.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: непонятна работоспособность алгоритмов при малом отношении сигнал-шум; непонятно, как технически обеспечить точную синхронизацию приемников; неясна связь между точностью оценок параметров сигналов и вероятностью обнаружения сигналов.

Соискатель Ву Ба Хунг ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, с частью замечаний согласился и на часть замечаний ответил.

На заседании 18.12.2024 года диссертационный совет принял решение за решение научной задачи разрешения нескольких сигналов в радиосистеме наблюдения, имеющей важное значение для теории и практики обнаружения радиотехнических сигналов и оценивания их параметров, присудить Ву Ба Хунгу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



[Handwritten signature of Vitaliy Ivanovich Koshelov]

Кошелев Виталий Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

[Handwritten signature of Gennadiy Vladimirovich Ovechkin]

Овечкин Геннадий Владимирович

18. 12. 2024 г.