

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ЮФУ801.02.07,

созданного на базе Института радиотехнических систем и управления
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южный федеральный университет» Минобрнауки России,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____,
решение диссертационного совета
от 14 сентября 2023 г. № 6

О присуждении Зламану Павлу Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование путей повышения помехоустойчивости и миниатюризация приемников обнаружения радиосигналов» по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки) принята к защите 18 мая 2023 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом ЮФУ801.02.07, созданным на базе Института радиотехнических систем и управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» в соответствии с приказом ЮФУ № 371-ОД от 22.12.2022 г.

Соискатель Зламан Павел Николаевич, 22.03.1977 года рождения, в 1999 г. получил диплом инженера с отличием по специальности 200200 «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы» в Таганрогском государственном радиотехническом университете. В период с 2015 г. по 2019 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению подготовки 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (направленность: Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения). С 1999 г. по настоящее время работает в научно-конструкторском бюро «МИУС» Южного федерального университета в должности ведущего инженера-конструктора.

Диссертация выполнена на кафедре информационной безопасности телекоммуникационных систем Института компьютерных технологий и информационной безопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет». Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Румянцев Константин Евгеньевич**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», заведующий кафедрой информационной безопасности телекоммуникационных систем.

Официальные оппоненты:

1. Габриэлян Дмитрий Давидович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие «Ростовский-на-Дону»

научно-исследовательский институт радиосвязи», г. Ростов-на-Дону, заместитель начальника НТК по науке;

2. Жук Александр Павлович, кандидат технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, профессор кафедры «Организация и технология защиты информации».

Назначение официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией в отрасли науки, соответствующей теме диссертации, способностью определить актуальность избранной темы, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну. Габриэльян Дмитрий Давидович является доктором технических наук по специальности 20.02.25 «Военная электроника. Аппаратура комплексов специального назначения», имеет публикации в рецензируемых научных изданиях по соответствующей теме диссертации сфере исследования. Жук Александр Павлович является кандидатом технических наук по специальности 20.02.14 «Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения», имеет публикации в рецензируемых научных изданиях по соответствующей теме диссертации сфере исследования.

Официальные оппоненты дали **положительные отзывы** о диссертации.

Соискатель имеет 15 научных публикаций по теме диссертации. Из них 3 – в научных изданиях, входящих в базу SCOPUS; 1 – в научных изданиях, входящих в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научной специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки); 11 – в прочих научных изданиях. По теме диссертации получены два акта внедрения.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

1. Зикий, А. Н. Многоканальный частотный дискриминатор трёхсантиметрового диапазона / А. Н. Зикий, П. Н. Зламан // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2016. – Т. 12, № 1. – С. 107-116.

2. Зикий, А. Н. Разрешающая способность рангового обнаружителя / А. Н. Зикий, П. Н. Зламан // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 3(46). – С. 32. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4357> (дата обращения 05.08.2022).

3. Зикий, А. Н. Ранговый обнаружитель одиночных импульсов / А. Н. Зикий, П. Н. Зламан // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – № 9(182). – С. 113-121. – DOI 10.18522/2311-3103-2016-9-113121.

4. Делитель частоты на 32 / А. В. Андрианов, А. Н. Зикий, П. Н. Зламан [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2(45). – С. 23. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4204> (дата обращения 05.08.2022).

5. Бутков, В. П. Сверхширокополосный детектор / В. П. Бутков, А. Н. Зикий, П. Н. Зламан // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 111-116.

6. Андрианов, А. В. Экспериментальное исследование смесителя на микросхеме LTC5553 / А. В. Андрианов, А. Н. Зикий, П. Н. Зламан // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14, № 1. – С. 68-74.

7. Зикий, А. Н. Пятиоктавный синтезатор частот / А. Н. Зикий, П. Н. Зламан, Д. В. Власенко // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9, № 4. – С. 31-36.

8. Rumyantsev, K. Detection of Signals by the Frequency-Time Contrast Method / K. Rumyantsev, A. Zikiy, P. Zlaman // Communications in Computer and Information Science (см. в книгах). – 2019. – Vol. 958. – P. 85-94. – DOI 10.1007/978-981-13-3804-5_7 (входит в базу Scopus).

9. Experimental investigation of the LTC5553 microcircuit in the frequency multiplication mode / K. Y. Rumyantsev, A. N. Zikiy, P. N. Zlaman, S. O. Mamchenko // International Journal of Engineering and Technology (UAE). – 2018. – V. 7, No 3.13 (Special Issue 13). – P. 41-43 (входит в базу Scopus).

10. Zikiy, A. Wideband centimetre range detector / A. Zikiy, P. Zlaman, K. Rumyantsev // E3S Web of Conferences. – 2020. – P. 01034. – DOI 10.1051/e3sconf/202022401034 (входит в базу Scopus).

На автореферат поступило 10 отзывов. **Все отзывы положительные.** Во всех отзывах отмечено, что диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки).

1) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова», г. Новочеркасск. **Отзыв положительный.** Подписал доцент кафедры «Информационная безопасность», кандидат технических наук, доцент Сухонос Федор Александрович.

Замечания отсутствуют.

2) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», факультет «Информатика и вычислительная техника», г. Ростов-на-Дону. **Отзыв положительный.** Подписала профессор кафедры «Кибербезопасность информационных систем», доктор физико-математических наук, доцент Черкесова Лариса Владимировна.

Замечания:

- упоминается о проведении экспериментального исследования разрешающей способности рангового обнаружителя, однако сами результаты исследования не приведены. Автору следует раскрыть их более подробно;

- некоторые представленные формулы раскрыты в недостаточном объеме, не все использованные переменные описаны. Это затрудняет восприятие информации.

3) ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса». г. Тольятти. **Отзыв положительный.** Подписал заведующий кафедрой информационного и электронного сервиса, доктор технических наук, доцент Воловач Владимир Иванович.

Замечания:

- диссертант правильно отмечает, что миниатюризации и уменьшению

массогабаритных характеристик аппаратуры отдается приоритет, допуская ухудшение основных параметров. Однако не ясно, почему это отнесено только к приемной аппаратуре для обнаружения радиоимпульсов и измерения несущей частоты;

- представленные алгоритмы и их практическая реализация не нашли отражения в патенте на изобретение.

4) ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург. **Отзыв положительный.** Подписал заведующий кафедрой радиотехнических и оптоэлектронных комплексов, доктор технических наук, профессор Крячко Александр Федотович.

Замечания:

- в автореферате нет конкретных цифр, показывающих снижение стоимости разработанных приемников;

- большая часть публикаций автора имеет соавторов.

5) ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем, г. Севастополь. **Отзыв положительный.** Подписал заведующий кафедрой «Радиоэлектронные системы и технологии», доктор технических наук, профессор Афонин Игорь Леонидович

Замечания:

- считаю, что положения, касающиеся возможности снижения массогабаритных параметров разрабатываемых приемников, которые приведены в описании научной новизны работы, более подходят к практической значимости работы;

- не указано в каком программном пакете проводился машинный эксперимент для цифрового алгоритма измерения несущей частоты.

6) АО «Таганрогский научно-исследовательский институт связи», г. Таганрог. **Отзыв положительный.** Подписал начальник отдела, кандидат технических наук Дулин Михаил Игоревич

Замечания:

- отсутствуют охранные документы на технические решения;
- не проведено сравнение потенциальной точности оценки несущей частоты с известными измерителями несущей частоты;

- отсутствует сравнение разработанных алгоритмов обнаружения с постоянной частотой ложных тревог с другими известными алгоритмами (шумовой автоматической регулировки усиления и автоматической регулировки порога квантования).

7) ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону. **Отзыв положительный.** Подписали: заведующий кафедрой «Связь на железнодорожном транспорте», доктор технических наук, профессор Костоглотов Андрей Александрович, доцент кафедры «Связь на железнодорожном транспорте», кандидат технических наук, доцент Кульбикаян Хачерез Шагенович.

Замечания:

- при рассмотрении алгоритма обнаружения на основе частотно-временного контраста на рисунке 4а приведены зависимости вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал-шум при различных объемах выборки. Не ясно, почему с ростом выборки N вероятность правильного обнаружения уменьшается;

- следует отметить слишком малый размер рисунка 4;

- не ясно проводилось ли измерение погрешности несущей частоты при частотной дискриминации.

8) АО «Таганрогский завод «Прибой», г. Таганрог. **Отзыв положительный.** Подписал: главный конструктор Калиушко Виктор Иванович.

Замечания:

- не ясно, рассматривается ли в работе совместное обнаружение и оценка параметров сигнала.

- не раскрыта область применения разработанных алгоритмов, как обнаружения, так и измерения несущей частоты сигнала.

9) АО «Всероссийский научно-исследовательский институт «Градиент», г. Ростов-на-Дону. **Отзыв положительный.** Подписали: ведущий научный сотрудник аспирантуры, доктор технических наук, профессор Булычев Юрий Гурьевич; ведущий научный сотрудник аспирантуры, кандидат технических наук, доцент Стуров Александр Григорьевич; ученый секретарь НТС АО «ВНИИ «Градиент», кандидат технических наук, доцент Макариков Михаил Иванович.

Замечания:

- приведена функциональная схема многоканального частотного дискриминатора. Частотный дискриминатор функционально состоит из трех частей (каналов). Очевидно, что дополнительные каналы введены для повышения точности оценки несущей частоты, но приведены частотные характеристики только точных каналов и отсутствуют характеристики грубого канала и канала средней точности.

- описан цифровой алгоритм измерения несущей частоты. На рисунке 8 приведен результат машинного эксперимента для алгоритма при длительности сигнала и строга измерения 0,1 мкс. Не ясно чем объясняется выброс СКО на характеристике в районе 16 ГГц.

10) ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана», г. Москва. **Отзыв положительный.** Подписала: профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана, доктор технических наук, профессор Зинченко Людмила Анатольевна.

Замечание: при анализе алгоритма оценки несущей частоты импульсных радиосигналов при частотной дискриминации используется косинусоидальная функция для аппроксимации дискриминационной характеристики. При этом обоснование такого выбора не приведено.

Наиболее существенные замечания по диссертации:

1. В диссертации уточняется задача исследования для обеспечения комплексной миниатюризации приемников радиоимпульсов. Диссертант для обоснования выбора СВЧ узлов для миниатюризации обращается к обобщенным схемам приемника прямого усиления и приемника с преобразованием частоты.

Данное неудачное обоснование связано с отсутствием развернутых структурных (функциональных) схем радиоприемников, реализующих предложенные алгоритмы.

2. Анализ функциональных элементов радиоприемников на новой элементной базе дается с позиций технических характеристик. Экспериментальные исследования доказывают возможность их применения при разработке радиоприемных устройств извлечения информации, реализующих предложенные диссертантом алгоритмы. Значимость исследований возросла, если был бы оценен экономический эффект от данной миниатюризации.

3. Нет сравнения полученных результатов с потенциальной точностью оценки частоты. Не все составляющие погрешности исследованы и учтены.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие **наиболее существенные научные результаты**, обладающие новизной:

- ранговый алгоритм обнаружения одиночных импульсов для применения в одноканальных и многоканальных радиоприемных устройствах, обеспечивающий стабилизацию частоты ложных тревог, алгоритм позволяет значительно уменьшить объем шумовой выборки, относительно аналога, обеспечивая снижение массогабаритных показателей приемника обнаружителя;

- алгоритм обнаружения, в котором для формирования опорной выборки помехи используется как временное, так и частотное разделение процессов;

- аналитические выражения для расчетов вероятностных характеристик обнаружителя на основе частотно-временного контраста;

- алгоритм измерения несущей частоты на основе метода частотной дискриминации;

- алгоритм цифрового анализа несущей частоты, основанный на быстром преобразовании Фурье с последующей интерполяцией.

Достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждена строгостью применяемого математического аппарата и результатами вычислительного эксперимента. Достоверность утверждения о повышении точности мгновенного измерения несущей частоты в широком диапазоне входных частот при обеспечении заданных тактико-технических (включая массогабаритных) показателей подтверждена актом о внедрении в цифровой измеритель несущей частоты алгоритма оценки несущей частоты импульсных радиосигналов на основе быстрого преобразования Фурье с последующей интерполяцией. Достоверность утверждения о повышении помехоустойчивости и уменьшении массогабаритных показателей приемника, в котором реализован алгоритм оценки несущей частоты импульсных радиосигналов на основе частотной дискриминации, подтверждена актом о внедрении в конкретное изделие. Достоверность результатов натурных испытаний СВЧ-узлов приемника радиоимпульсов частично согласуются с результатами, полученные другими исследователями. Результаты по проблематике диссертации, которые докладывались и обсуждались на российских и международных научно-технических конференциях, получили положительные отзывы научной общественности.

Научная новизна полученных результатов состоит в разработке нового рангового алгоритма обнаружения, отличительной чертой которого является то, что, обеспечивая обнаружение одиночных радиоимпульсов и гарантируя стабильность вероятности ложных тревог, он позволяет значительно уменьшить объем шумовой выборки, относительно аналога, обеспечивая снижение массогабаритных показателей приемника обнаружителя. Предложен новый алгоритм обнаружения радиоимпульсов, в котором для формирования опорной выборки помехи используется как временное, так и частотное разделение процессов. Алгоритм учитывает неравномерность спектральной плотности шума по времени и по частоте, сохраняя требуемую вероятность ложных срабатываний. Разработан алгоритм оценки несущей частоты импульсных радиосигналов на основе многоканального частотного дискриминатора, позволяющий строить приемники-измерители несущей частоты, обладающие большим динамическим диапазоном и не требующие ограничителей сигнала по входу. Разработан алгоритм оценки несущей частоты импульсных радиосигналов на основе быстрого преобразования Фурье с последующей интерполяцией, позволяющий существенно уменьшить массогабаритные показатели аналоговой части приемника.

Теоретическая значимость исследования состоит в решении актуальной научной задачи, связанной с повышением помехоустойчивости радиоприемных устройств обнаружения и извлечения информации о параметрах радиосигналов в условиях сложной помеховой обстановки, посредством разработки алгоритмов обнаружения со стабилизацией вероятности ложных тревог, алгоритмов измерения несущей частоты, обладающих среднеквадратической ошибкой измерения частоты не выше требуемого значения, а миниатюризации приемников обнаружения радиосигналов за счет внедрения разработанных алгоритмов с учетом особенностей применения современной СВЧ элементной базы.

Значение полученных результатов для практики подтверждается тем, что применение предложенного рангового алгоритма обнаружения, позволяет существенно сократить требуемый объем шумовой выборки по сравнению с перемешанным алгоритмом Манна-Уитни. При использовании предложенного алгоритма обнаружения на основе частотно-временного контраста вероятность ложной тревоги зависит только от размера опорной выборки и относительных коэффициентов усиления опорных каналов, но не зависит от априорно неизвестной дисперсии помехи. Внедрение рекомендаций по использованию особенностей применения элементной базы в узлах СВЧ при разработке приемников радиосигналов, позволяет снизить массогабаритные параметры в 1,5 – 2,3 раза. Приемник на основе частотного дискриминатора, в котором применен исследованный детектор в бескорпусном исполнении обеспечивает снижение массогабаритных показателей в 1,5 раза.

Результаты научных исследований, посвященные анализу алгоритма оценки несущей частоты импульсных радиосигналов при частотной дискриминации, использованы при выполнении ОКР «АСОР-11356РО» «Разработка корабельного устройства освещения радиотехнической обстановки», проводимой НКБ «МИУС» ЮФУ и АО «Таганрогский научно-исследовательский институт связи».

Результаты диссертационных исследований, посвященные разработке и исследованию цифровых измерителей частоты, а также исследование особенностей применения современной элементной базы для реализации СВЧ узлов приемников, использованы при выполнении ОКР «БОПО» «Разработка беспойскового октавного приемника обнаружителя», проводимой НКБ «МИУС» ЮФУ и ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (г. Курск).

Полученные результаты **рекомендуется использовать** при выполнении НИОКР, посвященных разработке комплексов освещения радиотехнической обстановки.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов диссертационного исследования:

- анализ особенностей обнаружения и оценки несущей частоты одиночных радиоимпульсов, сильных и слабых сторон различных схем построения радиоприемных устройств при сложной помеховой обстановке, которые могут быть использованы при разработке радиотехнических систем различного назначения;

- обоснование актуальности, определение общей научной задачи и частных задач диссертационных исследований;

- разработка рангового алгоритма обнаружения одиночных импульсов;

- разработка алгоритма и структуры обнаружителя, где для формирования опорной выборки помехи используется временное и частотное разделение процессов;

- исследование точности оценки несущей частоты импульсных радиосигналов при измерении многоканальным методом;

- аппроксимация амплитудно-частотных характеристик дискриминатора;

- разработка алгоритма измерения несущей частоты;

- предложение структуры цифрового измерителя частоты, основанной на квадратурном преобразовании сигнала с переносом спектра на промежуточную частоту и алгоритма цифрового анализа на основе быстрого преобразования Фурье с последующей интерполяцией;

- натурные испытания СВЧ-узлов приемника радиоимпульсов.

Предложенные автором диссертации решения научно обоснованы. В диссертации отсутствуют заимствования без ссылок на авторов или источник заимствования. Приведены ссылки на все использованные в диссертации результаты научных работ, выполненные соискателем лично и в соавторстве. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты.

Диссертация Зламана Павла Николаевича является научно-квалификационной работой, обладающей теоретической новизной и практической значимостью, внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора, и соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (приказ ЮФУ № 260-

На заседании 14 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить **Зламану Павлу Николаевичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

«за» – 13, «против» – нет, «недействительных бюллетеней» – нет.

Ю. В. Юханов

Ученый секретарь
диссертационного совета

А. М. Пилипенко

14.09.2023г.