

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, профессора

Жука Александра Павловича

на диссертационную работу Зламана Павла Николаевича на тему:

«Исследование путей повышения помехоустойчивости и миниатюризация приемников обнаружения радиосигналов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», технические науки

Актуальность избранной темы.

При разработке радиотехнических устройств задача обеспечения их помехоустойчивости, в том числе радиоприемных устройств, является одной из главных. Радиоприемные устройства должны быть спроектированы и эксплуатироваться так, чтобы они при наличии помех обеспечивали заданное качество обнаружения и приема радиосигнала.

Не смотря на достаточно большое количество существующих методов и подходов, позволяющих повышать помехоустойчивость радиоприемных устройств, данное направление исследований остается актуальным. Одним из важнейших параметров при разработке радиоприемной аппаратуры является её практическая реализуемость, включая материальные и трудовые затраты.

Важным вопросом при разработке радиотехнической аппаратуры является снижение её массогабаритных параметров. Решение данного вопроса применительно к современной радиоэлектронной аппаратуре является сложной задачей, поскольку традиционные схемные решения и способы конструирования не позволяют обеспечить достаточно высокую надежность радиоаппаратуры. Вследствие резко возросшего числа предприятий, выпускающих детали и узлы радиоаппаратуры, увеличились трудности, связанные со стандартизацией элементов, которая имеет важное значение для повышения плотности монтажа схемы.

Поэтому поиск и исследование путей повышения помехоустойчивости приемных устройств радиотехнических систем различного назначения, в том числе радиоприёмных устройств для извлечения информации о параметрах радиолокационных и связных сигналов в условиях сложной электромагнитной обстановки, при соблюдении требований массогабаритным параметрам, является актуальным.

В диссертационной работе Зламан Павел Николаевич решает актуальную научную задачу, связанную с повышением помехоустойчивости приемных устройств обнаружения радиосигналов, радиотехнических систем различного

назначения в условиях сложной помеховой обстановки, а также их миниатюризацию.

Объектом исследований являются приемные устройства обнаружения радиоимпульсов и измерения несущей частоты радиотехнических систем.

Предметом исследования являются алгоритмы обнаружения и структура обнаружителей радиосигналов, алгоритмы оценки несущей частоты, способствующие повышению точности её измерения, структура измерителей несущей частоты, СВЧ узлы приемных устройств радиотехнических систем различного назначения.

Цель диссертационных исследований состоит в повышении помехоустойчивости радиоприёмных устройств обнаружения и извлечения информации о параметрах радиосигналов в условиях сложной помеховой обстановки, а также их миниатюризации за счет внедрения разработанных алгоритмов с учетом особенностей применения современной сверхвысокочастотной элементной базы.

Общая научная задача заключается в исследовании путей повышения помехоустойчивости и миниатюризации приемников обнаружения радиосигналов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Диссертантом выдвинуто пять положений.

Первое положение, заключающееся в том, что «Анализ полученных автором результатов моделирования подтверждает правильность теоретической расчётной части. Так, разработанный измеритель частоты на основе частотной дискриминации обеспечивает среднеквадратическую ошибку измерения частоты не более 0,66 % от значения истинной частоты сигнала на частоте 12 ГГц. Предложенный алгоритм цифрового анализа обеспечивает среднеквадратическую ошибку измерения частоты не более 0,06 % от значения истинной частоты сигнала в диапазоне 12-18 ГГц» считаю полностью доказанным в третьей главе диссертации, поскольку автором получены подтверждающие экспериментальные данные.

Второе положение, заключающееся в том, что «Применение разработанного рангового алгоритма обнаружения и предложенного рангового обнаружителя дает результат, не хуже перемешанного алгоритма Манна-Уитни, при изменении дисперсии шума, но при этом алгоритм требует меньший объем шумовой выборки, что позволяет уменьшить массогабаритные параметры приемника-обнаружителя» считаю полностью доказанным во второй главе диссертации, поскольку автором предложена структура и макет рангового

обнаружителя сигналов, реализующего разработанный ранговый алгоритм, и проведено его экспериментальное исследование, которое доказывает его преимущество.

Третье положение, заключающееся в том, что «Предложенный алгоритм обнаружения, основанный на методе частотно-временного контраста, устойчив к внешним воздействиям (изменению мощности помехи), сохраняя требуемый уровень ложных срабатываний» считаю полностью доказанным во второй главе диссертации, поскольку автором проведен расчет характеристик обнаружения упомянутого алгоритма для различных отношений сигнал-шум и объемов выборки помехи, которое доказывает устойчивость к ложным срабатываниям.

Четвертое положение, заключающееся в том, что «Предложенные алгоритмы и устройства измерения несущей частоты, основанные на методе частотной дискриминации и цифровом методе, обеспечивают необходимую для большинства приложений точность измерения, при которой СКО измерения частоты не более 1% от значения истинной частоты сигнала» считаю полностью доказанным в третьей главе диссертации, поскольку автором проведено исследование цифровых измерителей несущей частоты на основе БПФ подтверждающее указанные параметры устройств измерения несущей частоты.

Пятое положение, заключающееся в том, что «Использование особенностей применения современной элементной базы, выявленных в процессе экспериментальных исследований, для реализации СВЧ-узлов приемников позволяет снизить массогабаритные параметры приемников-обнаружителей радиоимпульсов» считаю полностью доказанным в четвертой главе диссертации, поскольку автором проведено сравнение данного показателя для приемников известных производителей и предложенного приемника, подтверждающее данное преимущество последнего.

Таким образом, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным применением математического аппарата и адекватностью используемых моделей.

Достоверность и новизна результатов диссертации.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается согласованностью теоретических результатов и результатов статистического моделирования и экспериментов, выполненных автором работы при указанных ограничениях, а также положительными заключениями рецензентов на опубликованные в ведущих научных изданиях работы.

Новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан новый ранговый алгоритм обнаружения, который обеспечивает обнаружение одиночных радиоимпульсов и гарантирует

стабильность частоты ложных тревог, основанный на сумме рангов. Алгоритм предназначен для обнаружения одиночных радиоимпульсов и позволяет уменьшить объем шумовой выборки, относительно аналога-прототипа в $M \cdot N / (M + N - 1)$ раз. Предложена структура рангового обнаружителя сигналов, реализующего данный алгоритм, обеспечивающая снижение массогабаритных показателей приемника обнаружителя.

2. Предложен новый алгоритм обнаружения, в котором для формирования опорной выборки помехи используется как временное, так и частотное разделение процессов. Алгоритм устойчив к внешним воздействиям (изменению мощности помехи), учитывает неравномерность спектральной плотности шума по дальности и по частоте, сохраняя требуемый уровень ложных срабатываний.

3. 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.

4. Разработан алгоритм оценки несущей частоты импульсных радиосигналов на основе БПФ с последующей интерполяцией. При использовании данного алгоритма для построения измерителя частоты упрощается структура приемника и уменьшаются массогабаритные показатели, при этом обеспечивается среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения частоты не более 0,66% от значения истинной частоты сигнала на частоте 12 ГГц.

Значимость результатов для науки и практики.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложенные структуры приемников обнаружителей, реализующие разработанные алгоритмы обнаружения (ранговый и на основе частотно-временного контраста) имеют практическую реализуемость. При этом, уменьшая массогабаритные показатели, сохраняются параметры, не уступающие параметрам аналогов. Аналогичную практическую ценность имеют алгоритмы измерения несущей частоты.

Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа изложена на 183 страницах и включает введение, четыре главы, заключение, список использованных источников и приложения.

В первой главе диссертантом проанализированы существующие подходы к построению радиоприемных устройств, отмечены их недостатки. Выявлены проблемы обеспечения помехоустойчивости аппаратуры приема радиоимпульсов. Обоснована актуальность диссертационных исследований, заключающаяся в повышении помехоустойчивости радиоприемных устройств за

счет внедрения разработанных алгоритмов. Поставлена цель диссертационных исследований.

К замечаниям по 1-й главе можно отнести следующее:

Диссертант выделяет помехоустойчивость, как одно из важных требований, предъявляемых к радиоприемной аппаратуре. Однако определение, дающееся диссертантом как «способность устройства выполнять свои функции при наличии помех» не является классическим, при этом нет ссылок на источник, откуда взято это определение.

С учетом того, что помехоустойчивость – это способность систем выполнять свои функции с требуемым качеством в условиях воздействия помех, вытекает и ошибочность утверждения на стр. 16, что «Помехоустойчивость оценивается интенсивностью помех, при которых снижение работоспособности устройства не превышает допустимое значение».

Отмечаю грамматические ошибки в разделе. Например, на стр. 37 вместо «вероятности ложных тревог» написано «вероятности лонных тревог». Отмечаю отклонение от требований ГОСТа используемых автором условных графических обозначений. Например, условное графическое обозначение полупроводникового диода на стр. 28 и 112 не соответствует требованиям.

В первой главе и в целом в диссертационной работе отсутствуют ссылки на источники с 1 по 31.

Имеются неточности в использовании математических обозначений. Например, на стр. 38 указано равенство $n=\infty$, что в принципе некорректно, поскольку n является числом, а ∞ – множеством.

Учитывая, что в процессе диссертационных исследований разработан ранговый алгоритм обнаружения одиночных радиоимпульсов, не ясно утверждение «применение результатов синтеза асимптотически оптимальных непараметрических алгоритмов не имеет широкого распространения», сделанное на стр. 38 диссертации.

Во второй главе предложены и описаны ранговый алгоритм обнаружения одиночных импульсов и алгоритм обнаружения на основе контраста в частотно-временной области. Показано преимущество рангового алгоритма, которое заключается в значительном снижении объема шумовой выборки и обеспечении снижения массогабаритных параметров приемника. Предложены структуры приемников обнаружителей, реализующих разработанные алгоритмы.

К замечаниям по 2-й главе можно отнести следующее:

Особенностью диссертации является ее практическая направленность. В диссертации на стр. 53 указано, что для проверки эффективности работы алгоритма в реальных условиях был изготовлен макет, реализующий ранговый

алгоритм. Однако описание самого макета дано весьма поверхностное, не представлена структурная схема макета и не описана стабильность его параметров, особенно при изменяющихся внешних факторах, влияющая на корректность его функционирования.

Новизна с технической точки зрения для обнаружителя радиоимпульсов, реализующего предложенный алгоритм обнаружения радиоимпульсов, основанного на сумме рангов, в работе не подтверждена патентом на изобретение или патентом на полезную модель.

На стр. 49 во втором сверху абзаце упоминается ранговый алгоритм для обнаружителя одиночных импульсов, однако форма представления данного алгоритма не позволяет выявить и понять его основные этапы, поскольку приводится только формульная запись упомянутого алгоритма. Аналогично описан алгоритм работы обнаружителя контраста во временной области формулой (2.12) на стр. 64, а также алгоритм обнаружителя контраста в частотной области формулой (2.13) на стр. 65.

Автором на стр. 55 указано, что «Ранговый обнаружитель в своем составе содержит линии задержки, это может сказаться отрицательным образом на быстродействии и разрешающей способности». При этом оценка быстродействия предлагаемого рангового обнаружителя в работе не приведена.

Отмечаю неточности в оформлении ссылок. В частности, на стр. 64 указано «В (5) функция $U(x)$ представляет ступенчатую (асимметричную единичную) функцию». Из этой фразы не ясно куда ведет отсылка (5).

На стр. 56-60 представленные на рисунках 2.7-2.19 спектрограммы выполнены с низким качеством, что затрудняет восприятие и оценку результатов наблюдений и измерений.

В третьей главе проведено исследование особенностей повышения точности оценки несущей частоты импульсных радиосигналов при измерении многоканальным методом. Проведен анализ алгоритма оценки несущей частоты импульсных радиосигналов при частотной дискриминации. Предложена аппроксимация амплитудно-частотных характеристик дискриминатора, разработан алгоритм измерения несущей частоты. Предложена схема построения цифрового измерителя частоты, основанная на квадратурном преобразовании сигнала с переносом спектра на промежуточную частоту, и алгоритм цифрового анализа, основанный на быстром преобразовании Фурье с последующей интерполяцией.

К замечаниям по 3-й главе можно отнести следующее:

На графике зависимости максимальной погрешности оценки несущей частоты от длительности импульсов, представленном на рисунке 3.4 очевиден пороговый эффект при длительности импульсов примерно от 80 до 120 нс. Причины этого явления в работе не поясняются.

На стр. 81 в последнем абзаце сделан вывод, что полученный результат «СКО измерения частоты ...» не удовлетворяет современным требованиям, однако сами требования не представлены.

На стр. 98 на рисунке 3.20 представлен алгоритм оценки частоты несущего колебания, который содержит на третьем этапе выполнение условия, которое предопределяет использование условного оператора. Однако автор использует при этом структуру линейного алгоритма, что является неверным.

На рисунках 3.21-3.22 представлены результаты машинного эксперимента без пояснений и комментариев. В общем виде пояснения к ним можно найти только в выводах по третьей главе.

В четвертой главе проводится исследование особенностей реализации ВЧ части приемника радиоимпульсов с использованием современной элементной базы. В главе выработаны рекомендации по её применению, рассмотрению новых способов построения схем с применением устройств СВЧ-диапазона. Проведено исследование рассматриваемых СВЧ-узлов приемника радиоимпульсов.

К замечаниям по 4-й главе можно отнести следующее:

Анализ функциональных элементов радиоприемников на новой элементной базе в параграфах 4.2 – 4.6 дается с позиций технических характеристик. Экспериментальные исследования доказывают возможность их применения при разработке радиоприемных устройств извлечения информации, реализующих предложенные диссертантом алгоритмы. Однако здесь не приводятся их массогабаритные показатели. Лишь в выводах можно найти количественный материал, подтверждающий преимущество исследованного детектора перед аналогами по габаритным размерам (в 1,5-2,3 раза для детектора СВЧ сигналов, данные таблицы 4.11). Значимость исследований главы возросла, если был бы приведен экономический эффект (выигрыш/проигрыш) от данной миниатюризации.

В таблице 4.11 на стр. 156 представлены значения показателя «Общая трудоемкость» для различных приемников-измерителей частоты, однако каким образом были рассчитаны или получены данные значения в работе не указывается.

Сокращение КСНВ, представленное на стр. 111 и далее по тексту, в работе не раскрывается. На стр. 111 в последнем абзаце представлены требования к детектору СВЧ диапазона, однако не указано, кем или чем эти требования предъявляются.

Исследования главы 4 ориентированы на использование современной, но импортной элементной базы. Диссертант лишь вскользь уточняет, что серийно

выпускаемая в России элементная база не удовлетворяет определенным требованиям, не раскрывая детали.

Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные положения представленной диссертационной работы.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Основные положения диссертации опубликованы в 15 печатных работах. В ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, опубликованы 10 работ, в научных рецензируемых изданиях, индексируемых в базе Scopus, - 3 научные статьи. Эти публикации входят в перечень научных изданий, в которых в соответствии с приказом ЮФУ должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, соответствующей научной специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки). Публикации соответствуют научной специальности, по которой выполнена диссертация.

К содержанию диссертации, помимо ранее сделанным замечаниям по главам, имеются следующие замечания:

1. Диссертационные исследования не подтверждены патентами или авторскими свидетельствами
2. Имеются погрешности в пунктуации, некоторые стилистические описки и ошибки правописания русского языка.
3. Оформление отдельных источников в списке использованной литературы имеют отклонения от установленных требований.

Оценка диссертации в целом.

В целом, несмотря на указанные выше замечания, диссертационная работа Зламана Павла Николаевича производит положительное впечатление. Она является цельным, завершённым научным исследованием, посвященным актуальной научной проблеме, содержит признаки научной новизны, отвечает принятым критериям и требованиям достоверности.

Заключение

Считаю, что в диссертационной работе Зламана Павла Николаевича решены основные поставленные задачи исследования. Основные выводы и рекомендации имеют научную новизну и практическую значимость. Диссертация «Исследование путей повышения помехоустойчивости и миниатюризация приемников обнаружения радиосигналов» является завершённым научным трудом и удовлетворяет требованиям, установленным Положением «О присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный

федеральный университет», предъявляемым к кандидатским диссертациям. В ней решена научная задача, связанная с разработкой алгоритмов обнаружения радиоимпульсов и измерения несущей частоты, а также миниатюризацией приемников обнаружения радиоимпульсов. Зламан Павел Николаевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», технические науки.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры организации и технологии защиты информации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь



Жук Александр Павлович

«04» августа 2023 года

Домашний адрес с почтовым индексом: 355008, г. Ставрополь, проспект Карла Маркса д.7, к.1, кв. 185.

e-mail: alekszhuk@mail.ru

тел. +7-918-884-14-81



ПОДПИСЬ
ДОСТОВЕРЯЮ

Назначенник Управления
делами СКФУ

Логачева А. В.

