

## Отзыв научного руководителя

на диссертацию **Фаустова Ивана Сергеевича**

**«Обнаружение сигналов и идентификация источников радиоизлучений многоканальными системами радиоконтроля»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Фаустов Иван Сергеевич, 1997 года рождения, в 2021 году окончил специалитет Воронежского государственного технического университета по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» (профиль «Радиоэлектронные системы передачи информации»). С 2021 г. по 2025 г. проходил обучение в очной аспирантуре Воронежского государственного технического университета на кафедре радиотехники по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». В период подготовки диссертации соискатель также принимал активное участие в ряде научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых отдельным структурным подразделением научно-производственной компании АО «ИРКОС» (г. Москва).

При оценке **актуальности** темы диссертации Ивана Сергеевича следует принимать во внимание следующие факторы:

- рост количества устройств и разнообразия технологий беспроводных систем связи (БСС), задействуемых для передачи информации;
- необходимость повышения чувствительности и точности систем радиоконтроля в условиях сложной радиообстановки, обусловленной работой многих источников радиоизлучений (ИРИ) в одном частотном диапазоне, а также эффектами многолучевого распространения радиосигналов, порождающими замирания амплитуды и фазовые искажения сигналов.

Анализ имеющейся открытой литературы показывает, что вопросы оптимизации функционирования многоканальных систем радиоконтроля при идентификации ИРИ различных БСС до настоящего времени не получили достаточного теоретического и практического освещения. В связи с этим для разработчиков систем радиоконтроля (РК) остаётся актуальной задача совершенствования алгоритмов многоканальной обработки сигналов БСС с целью обеспечения надежного обнаружения, точной оценки параметров и идентификации сигналов в сложных помехо-шумовых условиях, при наличии многолучевости и корреляции сигналов антенных элементов. Как следствие, исследования Ивана Сергеевича, направленные на совершенствование методики многоканальной обработки сигналов при обнаружении и идентификации ИРИ в сложных условиях приема при наличии корреляции сигналов антенных элементов (АЭ), являются **актуальным научным направлением**.

Содержание диссертации соответствует п. 1, 3, 5, 6, 10 паспорта специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Соискателем решены следующие научно-технические задачи:

1. Разработана методика обнаружения и частотно-временной синхронизации сигналов Bluetooth в условиях, когда код доступа (Access Code, AC) известен сопряженным устройствам в пределах одной сети, но не известен системам радиоконтроля.

2. Разработан алгоритм объединения результатов с разных АЭ при обнаружении, частотно-временной синхронизации, оценке параметров и демодуляции сигналов Bluetooth, ZigBee и Wi-Fi.

3. Проанализированы вопросы итеративной частотной подстройки при демодуляции OFDM-сигналов и сигналов с расширением спектра DSSS.

4. Разработан алгоритм поиска периодических импульсных сигналов (ПИС), оценки их параметров, а также выделения идентификационных признаков импульсных сигналов.

5. Осуществлена оценка помехоустойчивости разработанных алгоритмов при наличии релеевских замираний и корреляции сигналов АЭ.

**Научной новизной** обладают следующие положения диссертации:

1. Методика обнаружения и частотно-временной синхронизации для сигналов Bluetooth, отличающаяся возможностью обработки сигналов с неизвестным кодом доступа, обеспечивает решение задач обнаружения и идентификации устройств в условиях пассивного радиоконтроля.

2. Алгоритм разнесенного приема сигналов Bluetooth, отличающийся использованием корреляционной обработки при поиске весовых коэффициентов, обеспечивает помехоустойчивость близкую к оптимальному весовому сложению для сигналов с неизвестным кодом доступа.

3. Алгоритмы обнаружения и частотно-временной синхронизации сигналов Wi-Fi и ZigBee, отличающиеся использованием двух и более каналов приема, позволяют повысить точность оценки частотной расстройки и временного положения пакетов.

4. Алгоритм приема сигналов O-QPSK с DSSS, отличающийся итеративной частотной подстройкой, позволяет минимизировать вероятность битовых ошибок при значительной нестабильности рабочей частоты устройств ZigBee.

5. Алгоритм обработки периодических импульсных сигналов на основе свойств АКФ, отличающийся возможностью идентификации и оценки параметров импульса (форма, длина) периодического сигнала, обеспечивает решение задач радиоконтроля при наличии помех от других ИРИ.

**Теоретическая значимость работы** заключается в создании комплекса алгоритмов, обеспечивающих разнесенный приём сигналов БСС, и исследование особенностей разработанных алгоритмов в релейском канале при наличии корреляции сигнала АЭ. Проведенные исследования позволяют сформировать ориентированную на многоканальную аппаратуру РК методику обнаружения и идентификации устройств БСС.

**Практическая значимость работы.** Применение разработанной методики многоканальной обработки сигналов способствует повышению помехоустойчивости, расширению зоны действия аппаратуры радиоконтроля, а также увеличению вероятности обнаружения и идентификации ИРИ в сложных условиях приема. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть рекомендованы для использования при проектировании аппаратуры РК БСС.

**Достоверность полученных результатов** обусловлена корректностью использования математического аппарата, согласованием новых результатов с известными в частных и предельных случаях, а также результатами имитационного компьютерного моделирования. Результаты работы не противоречат полученным и опубликованным ранее в литературе результатам других авторов. Экспериментальные данные полученные в научно-производственном предприятии АО «ИРКОС» (г. Москва) с использованием внедренных в аппаратуру технических решений, предлагаемых в исследованиях И. С. Фаустова, также демонстрируют корректность и обоснованность выводов и положений диссертации.

Основные результаты диссертации **опубликованы** в 13 научных работах, из них 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 работа в издании, индексируемом в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, и 4 доклада на научно-технических конференциях и семинарах.

Все основные результаты диссертации **получены соискателем лично.**

Фаустов Иван Сергеевич показал себя сложившимся научным работником, талантливым и трудолюбивым радиоинженером, обладающим глубокими знаниями в области приёма и обработки радиосигналов. Умение применять подходы теории вероятностей и методы обработки случайных процессов, знание как теории, так и разнообразных технологий цифровой обработки сигналов являлись факторами, способствовавшими успешному завершению научной работы и достижению ее основной цели – повышение эффективности работы систем радиоконтроля, осуществляющих обнаружение и идентификацию ИРИ в сложных условиях приема.

Считаю, что Фаустов Иван Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук, а подготовленная диссертация полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ.

Научный руководитель, профессор кафедры радиотехники Воронежского государственного технического университета,  
доктор технических наук  
(научная специальность 05.12.04 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»),  
доцент



Токарев Антон Борисович

27.08.2025 г.

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84  
Телефон: +7 (473) 207-22-20 (добавочный 6080)  
E-mail: rt.kaf@cchgeu.ru

