

ГУАП ОД	Документ зарегистрирован
	«27» 04 2026 г.
	Вх. № 81-113/26

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по научной и  
инновационной деятельности СПбГЭТУ «ЛЭТИ»  
н. А.А. Семенов  
» 04 2026 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

на диссертацию Параскуна Артура Сергеевича

на тему: «Приборы и методика диагностики газовой среды в помещении для раннего селективного обнаружения признаков возгорания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Актуальность диссертационного исследования обусловлена устойчиво высоким уровнем ущерба от пожаров в замкнутых помещениях несмотря на широкое применение промышленных средств пожарной сигнализации. Существующие тепловые, дымовые и пламенные извещатели обладают высокой инерционностью и реагируют преимущественно на поздние стадии возгорания, когда уже сформированы дым, пламя или значимое повышение температуры. При этом на ранних докритических стадиях в газовой среде формируется тепловой конвекционный поток, сопровождающийся колебаниями показателя

преломления в диапазоне 2–20 Гц, которые не входят в зону чувствительности стандартных сенсоров и не используются в действующих системах пожарной автоматики.

В этих условиях особую значимость приобретает разработка приборов и методики диагностики газовой среды, обеспечивающих селективную регистрацию слабовыраженных признаков теплового конвекционного потока, дыма и пламени на ранних стадиях, а также их устойчивую дифференциацию на фоне внешних оптических и тепловых возмущений. Требуется научно обоснованный подход, основанный на спектрально-временном анализе, пространственно-мощностной интерпретации полученных сигналов и адаптивных алгоритмах классификации, обеспечивающих высокую достоверность диагностики и малое время отклика.

Таким образом, поставленная в диссертационной работе научно-практическая задача, связанная с разработкой приборов и методики диагностики газовой среды в помещении для раннего селективного обнаружения признаков возгорания со временем отклика менее 0,3 с и повышением достоверности диагностики до 98%, является исследовательски актуальной и практически востребованной. Она соответствует приоритетным направлениям развития научно-технологического потенциала Российской Федерации в области обеспечения техносферной безопасности, повышения надёжности критической инфраструктуры, развития интеллектуальных систем мониторинга и управления рисками.

**Структура и содержание работы.** Диссертационная работа имеет традиционную для технических наук структуру и включает введение, четыре раздела, заключение, список литературы и приложения. Общий объём работы составляет 185 страниц, включая 49 рисунков, 4 таблицы и 120 библиографических источников. Структура работы соответствует логике научного исследования и отражает последовательность решения поставленных задач – от анализа физической природы явлений до разработки приборов, алгоритмов и экспериментальной верификации.

**Во Введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, приведены научные положения, выносимые на защиту, а также раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

**В первом разделе** проведён аналитический обзор современных методов раннего обнаружения очагов возгорания, рассмотрены физические процессы, сопровождающие начальные стадии горения, и обоснована информативность

теплового конвекционного потока как раннего признака термодинамической активности. Показаны ограничения существующих средств пожарной автоматики и сформулировано противоречие, определяющее необходимость разработки новой методики диагностики газовой среды.

**Во втором разделе** представлены результаты разработки архитектуры матричного спектрального прибора диагностики газовой среды. Приведены схемотехнические решения, конструктивные особенности фотоприёмных модулей, оптических фильтров. Показано, что предложенные приборы обеспечивают селективную регистрацию спектральных, аэрозольных и тепловых признаков в условиях оптических и тепловых помех, а также удовлетворяют метрологическим требованиям по чувствительности, воспроизводимости и селективности.

**В третьем разделе** представлены результаты разработки архитектуры лазерно-оптического прибора и изложена методика спектрально-временной обработки сигналов, включающая быстрое преобразование Фурье, вейвлет-преобразование, кепстральный анализ, суммарно-разностный метод, взаимную корреляционную функцию и пороговую фильтрацию. Разработан алгоритм, обеспечивающий выделение информативных признаков теплового конвекционного потока, аэрозольных включений и пламени, а также их устойчивую дифференциацию на фоне шумов и нестационарных возмущений.

**В четвёртом разделе** проведена комплексная оценка эффективности разработанной методики комбинированной диагностики газовой среды, основанной на интеграции спектрального, аэрозольного и теплового каналов. Представлены результаты лабораторных и натуральных экспериментов, включающие количественные показатели чувствительности, селективности и устойчивости к ложным срабатываниям, а также сравнительный анализ с промышленными извещателями. Показано, что предложенная система обеспечивает сокращение времени отклика, снижение числа ложных срабатываний и повышение достоверности классификации признаков возгорания до 98%.

**В Заключении** сформулированы основные результаты исследования и выводы, подтверждающие достижение поставленной цели и решение всех задач диссертационной работы.

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности.** Тема и содержание диссертации соответствуют областям исследования специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов,

изделий, веществ и природной среды в части пунктов 1, 3, 4, 6 паспорта специальности и отрасли – технические науки.

**Научная новизна и теоретическая значимость результатов исследований** заключается в следующем:

1. Разработана архитектура матричного спектрального прибора, обеспечивающая селективную регистрацию спектральных признаков пламени и теплового конвекционного потока в расширенном диапазоне 190–1000 нм. Новизна заключается в интеграции многоканального спектрального анализа с алгоритмами фильтрации признаков в реальном времени, что обеспечивает достоверное выделение информативных компонент в условиях фоновых оптических помех и нестационарных возмущений.

2. Предложена архитектура лазерно-оптического прибора диагностики газовой среды, отличающаяся использованием ПЗС-линейки с синхронизированной экспозицией и адаптивной коррекцией по фоновым параметрам. Впервые реализована селективная регистрация пространственно-мощностной модуляции лазерного излучения, позволяющая выделять слабовыраженные признаки ранних стадий термодинамической активности.

3. Разработан алгоритм спектрально-временной обработки сигналов, включающий быстрое преобразование Фурье, вейвлет-преобразование, кепстральный анализ, суммарно-разностный метод, взаимную корреляционную функцию и пороговую фильтрацию. Новизна заключается в интеграции многомерных признаков (спектральных, пространственных и временных) в единую модель, обеспечивающую устойчивую дифференциацию источников теплового излучения на фоне шумов.

4. Разработаны алгоритмы классификации активности газовой среды, основанные на динамической модели и адаптивных порогах реагирования. В отличие от известных подходов, предложенная модель обеспечивает интеллектуальное реагирование на изменения параметров среды и повышение достоверности диагностики до 98%.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы заключается в развитии научных основ оптической диагностики газовых сред и спектрально-временного анализа термодинамических процессов, сопровождающих ранние стадии возгорания. В работе сформированы и обоснованы положения, расширяющие существующие представления о механизмах формирования информативных признаков теплового

конвекционного потока, аэрозольных включений и пламени в условиях нестационарных оптических и тепловых возмущений.

Получены новые результаты в области моделирования взаимодействия лазерного излучения с тепловыми и аэрозольными неоднородностями, что позволило уточнить закономерности пространственно-мощностной модуляции оптического сигнала и определить параметры, наиболее чувствительные к докритическим проявлениям термодинамической активности. Развитие получили методы спектрально-временного анализа, включающие интеграцию преобразований Фурье, вейвлет-преобразования, кепстрального анализа и корреляционных функций в единую математическую модель выделения слабовыраженных признаков.

Сформулированы теоретические основы построения алгоритмов классификации активности газовой среды, основанных на динамических моделях и адаптивных порогах реагирования. Показано, что использование многомерных признаков и их временной эволюции обеспечивает повышение устойчивости диагностических систем к шумам и нестационарности среды.

Полученные результаты вносят вклад в развитие теории оптических методов контроля и диагностики, расширяют математический аппарат анализа слабых тепловых и аэрозольных процессов и могут служить основой для дальнейших исследований в области интеллектуальных систем мониторинга газовых сред и раннего обнаружения опасных состояний.

**Практическая значимость** диссертационной работы определяется созданием приборов и методики, обеспечивающих раннее селективное обнаружение признаков возгорания в газовой среде закрытых помещений с существенно более высокой чувствительностью и достоверностью по сравнению с существующими средствами пожарной автоматики. Разработанные технические решения позволяют регистрировать тепловой конвекционный поток, аэрозольные включения и спектральные признаки пламени на докритических стадиях развития опасного процесса, что обеспечивает сокращение времени реагирования и повышение надёжности диагностики.

Предложенная многоканальная система, включающая спектральный, аэрозольный и тепловой каналы, демонстрирует устойчивость к фоновым оптическим и тепловым помехам, снижая количество ложных срабатываний на 71–75% и обеспечивая повышение точности классификации до 98%. Реализованный алгоритм спектрально-временной обработки сигналов обеспечивает выделение информативных признаков в условиях

нестационарности среды, что позволяет существенно повысить достоверность принятия решений в автоматизированных системах контроля.

Разработанные приборы удовлетворяют метрологическим требованиям по чувствительности, воспроизводимости и селективности, обеспечивая расширение спектрального диапазона регистрации до 190–1000 нм, снижение погрешности измерений до уровня менее 5% и сокращение времени отклика системы до 0,3 с. Конструктивные решения совместимы со стационарными и мобильными комплексами пожарной автоматики, что позволяет интегрировать разработанные приборы в существующие системы мониторинга без существенных изменений инфраструктуры.

Результаты диссертационной работы внедрены в деятельность ряда организаций, что подтверждается соответствующими актами. Разработанные приборы и методика могут быть использованы в системах пожарной безопасности, промышленной и техносферной безопасности, экологического мониторинга, а также в составе автономных робототехнических платформ, обеспечивая повышение уровня защищённости объектов и снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью применённых физических и математических моделей, адекватностью используемых методов анализа и обработки сигналов, а также согласованностью теоретических выводов с результатами лабораторных и натурных экспериментов. В работе использованы современные методы спектрально-временного анализа, включая преобразование Фурье, вейвлет-преобразование, кепстральный анализ, корреляционные функции и пороговые алгоритмы, что обеспечивает объективность и воспроизводимость полученных оценок.

Конструкции разработанных приборов и методики их калибровки соответствуют метрологическим требованиям по чувствительности, селективности и воспроизводимости измерений. Экспериментальная проверка проводилась в контролируемых условиях с использованием эталонных источников теплового конвекционного потока, аэрозольных включений и пламени, что позволило подтвердить корректность выбранных технических решений и алгоритмов обработки данных. Полученные экспериментальные зависимости согласуются с теоретическими моделями взаимодействия оптического излучения с тепловыми и аэрозольными неоднородностями.

Достоверность результатов подтверждается также непротиворечивостью выводов ранее известным положениям, использованием современных

программных средств моделирования и анализа, а также апробацией основных положений работы на российских и международных научных конференциях. Публикации автора в рецензируемых научных изданиях дополнительно подтверждают корректность и научную состоятельность полученных результатов.

**Обоснованность научных положений.** Обоснованность научных положений, выносимых на защиту, подтверждается корректным использованием физических моделей тепловых и аэрозольных процессов, строгим применением методов спектрально-временного анализа и согласованностью полученных результатов с известными закономерностями оптического взаимодействия излучения с газовой средой. В работе последовательно проведено теоретическое обоснование архитектур матричного спектрального и лазерно-оптического приборов, включая анализ чувствительности, селективности и метрологических характеристик, что обеспечивает достоверность выводов о возможности регистрации слабовыраженных признаков термодинамической активности.

Алгоритм обработки сигналов построен на основе общепринятых и математически строгих методов – преобразования Фурье, вейвлет-преобразования, кепстрального анализа, суммарно-разностных процедур и корреляционных функций. Корректность применения этих методов подтверждается их устойчивостью к шумам, воспроизводимостью результатов и соответствием теоретическим ожиданиям при анализе теплового конвекционного потока, аэрозольных включений и спектральных признаков пламени.

Обоснованность предложенных алгоритмов классификации активности газовой среды обеспечивается использованием динамической модели и адаптивных порогов реагирования, что подтверждено экспериментальными данными. Сопоставление теоретических расчётов с результатами лабораторных и натурных испытаний демонстрирует согласованность моделей с реальными процессами и подтверждает корректность сформулированных научных положений.

Дополнительным подтверждением обоснованности служат публикации автора в рецензируемых научных изданиях, доклады на российских и международных конференциях, а также положительные результаты внедрения разработанных решений в профильных организациях.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора заключается в самостоятельной постановке и решении комплекса научно-технических задач,

направленных на разработку приборов и методики диагностики газовой среды для раннего селективного обнаружения признаков возгорания. Автором выполнены теоретические исследования физических процессов, сопровождающих начальные стадии термодинамической активности, проведён анализ информативных признаков теплового конвекционного потока, аэрозольных включений и спектральных характеристик пламени.

Автор лично провёл лабораторные и натурные эксперименты, обеспечив сбор, обработку и анализ данных, а также экспериментальную верификацию работоспособности приборов и корректности предложенной методики. В работах, выполненных в соавторстве, автор принимал непосредственное участие в постановке задач, разработке технических решений, проведении экспериментов и интерпретации результатов.

#### **Замечания по содержанию работы.**

По работе имеются отдельные замечания, в частности:

1. Исследования автора были сфокусированы в первую очередь на задачах построения аппаратного комплекса для обнаружения горения и соответствующего программного обеспечения, и с этой работой автор справился вполне. Однако в диссертации явно недостаточно раскрыты физические механизмы и ограничения, обусловившие выбор тех или иных технических решений. Например, на сегодняшний день в мире и в России, в частности, вполне доступны матрицы и камеры (в т.ч. достаточно быстродействующие) для среднего ИК диапазона, но автор почему-то не рассматривает их как потенциальный инструмент для своего прибора.

2. Из текста диссертации остается не вполне ясной природа коротковолновых компонент спектра горения в УФ диапазоне 180-240 нм. Возможно, для узких специалистов в данной области это является очевидным, но, тем не менее, краткой справки и соответствующих ссылок в диссертации явно недостает.

3. Имеется несколько замечаний по терминологии. Первое из них связано с термином спектр. Типичная трудность авторов, занимающихся численным анализом оптических, акустических и т.д. спектров – некоторая путаница между понятием собственно оптического спектра (в данном случае – спектра испускания) и его спектральных свойств как объекта математической обработки.

4. В диссертации несколько раз говорится о турбулентностях, в частности, а разделе 1.5.1. Представляется, что использование данного термина в данной работе не вполне обоснованно и наблюдение именно турбулентного потока ничем не подтверждено.

5. При описании метрологических характеристик приборов отдельные параметры приведены без указания условий проведения измерений, что затрудняет сопоставление результатов с нормативными требованиями.

6. В ряде фрагментов изложение носит избыточно описательный характер, что затрудняет выделение ключевых технических результатов. В отдельных разделах целесообразно более чётко разграничивать постановку задачи, методику и итоговые выводы.

Отмеченные замечания носят частный характер, не влияют на научную состоятельность работы и не снижают ценности полученных результатов.

### **Заключение**

Диссертационная работа Параскуна Артура Сергеевича посвящена разработке приборов и методики диагностики газовой среды в помещении для раннего селективного обнаружения признаков возгорания и представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, содержащее совокупность новых научных и практических результатов, имеющих существенное значение для развития методов контроля и диагностики природной и техносферной среды.

Сформулированные в работе научные положения обоснованы теоретически и подтверждены результатами лабораторных и натурных экспериментов. Разработанные приборы и алгоритмические решения демонстрируют высокую эффективность при регистрации слабовыраженных признаков термодинамической активности, обеспечивая повышение достоверности диагностики и снижение времени отклика по сравнению с существующими средствами пожарной автоматики. Полученные результаты обладают теоретической значимостью и практической ценностью, подтверждённой внедрением в профильных организациях.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», а также требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа отличается актуальностью, научной новизной, корректностью методического аппарата и достаточной полнотой экспериментальной проверки.

На основании изложенного считаем, что диссертационная работа соответствует требованиям и критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О

порядке присуждения учёных степеней». Автор диссертации, Параскун Артур Сергеевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры лазерных измерительных и навигационных систем (протокол № 2 от 13 апреля 2026 г.).

Зав. кафедрой ЛИНС  
д.т.н., профессор



Ю.В.Филатов

Профессор каф. ЛИНС  
д.ф.-м.н., профессор



В.Ю.Венедиктов

Ученый секретарь каф.ЛИНС  
к.т.н.



М.С.Николаев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Адрес организации: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора

Попова, дом 5, литера Ф

Телефон: (812) 234-46-51

Факс: (812) 346-27-58

Почта: [info@etu.ru](mailto:info@etu.ru)

Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.etu.ru/>