



МИНИСТЕРСТВО  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

**Бийский технологический  
институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Алтайский государственный  
технический университет им. И.И.  
Ползунова» (БТИ АлтГТУ)  
ул. имени Героя Советского Союза  
Трофимова, 27, г. Бийск, 659305  
тел. (3854) 432285, факс: (3854) 435300  
E-mail: info@bti.secna.ru  
<http://www.bti.secna.ru>**

«14» 04 2020 г. № 40-184



УТВЕРЖДАЮ:

Директор БТИ АлтГТУ  
Ленский М.А.

2020 г.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бийского технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
Диссертация «Быстродействующая многоточечная оптико-электронная система контроля пламени и определения его пространственных координат»  
выполнена на кафедре методов и средств измерений и автоматизации БТИ АлтГТУ.

В период подготовки диссертации соискатель Лисаков Сергей Анатольевич работал в Бийском технологическом институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
инженером кафедры методов и средств измерений и автоматизации.

В 2012 году окончил Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии».

Справка об обучении в аспирантуре и о сдаче кандидатских экзаменов по иностранному языку, истории и философии науки и специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» выдана в 2019 г. феде-

ральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Научный руководитель – Павлов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, декан технологического факультета Бийского технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### **1. Оценка выполненной соискателем работы.**

Диссертация Лисакова С.А. является законченной научно-исследовательской работой. Работа посвящена решению актуальной научной задачи – обоснованию и разработке принципа построения и создания быстродействующей многоточечной оптико-электронной системы контроля пламени, способной обнаружить пламенное горение во всем объеме охраняемого техногенного объекта сложной геометрической формы и определить пространственные координаты пламени для его эффективной локализации по месту возникновения.

В результате выполнения работы разработана быстродействующая многоточечная оптико-электронная система контроля пламени и определения его пространственных координат, обеспечивающая высокое быстродействие (менее 15 мс) и требуемую приведенную погрешность определения координат пламени (не более 15 %) при наличии запыленной атмосферы и оптических помех.

### **2. Личное участие соискателя в получении результатов.**

Лисаковым С.А. лично получены основные научные результаты, которые заключаются в формировании принципа построения быстродействующей многоточечной оптико-электронной системы контроля пламени (ОЭС) и ее адаптации под охраняемый объект сложной формы, разработке оптимального метода определения пространственных координат пламени на базе создания математической модели объекта контроля, планировании и проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке полученных данных, написании статей на основе полученных результатов.

### **3. Степень достоверности результатов проведенных исследований.**

Достоверность полученных результатов работы обеспечивается корректностью постановки задач, их строгой физической обоснованностью, логической взаимосвязью

полученных экспериментальных данных, применением современной измерительной техники и общепринятых методов обработки результатов. Достоверность подтверждается непротиворечивостью и воспроизводимостью результатов, удовлетворительным совпадением результатов экспериментов и расчетов.

#### **4. Научная новизна**

1. Предложен новый принцип построения быстродействующей многоточечной ОЭС контроля пламени, основанный на совместной регистрации оптического излучения некоординатными оптико-электронными датчиками, количество, месторасположение и пространственная ориентация которых определяются геометрической формой внутреннего объема охраняемого техногенного объекта и требуемой точностью определения пространственных координат пламени.

2. Разработан метод определения координат пламени многоточечной ОЭС в условиях запыленности атмосферы охраняемого объекта, основанный на априорном получении (с учетом параметров охраняемого объекта, количества, месторасположения и пространственной ориентации датчиков) функции полиномиальной регрессии, связывающей значения выходных сигналов датчиков и координаты пламени, и применении полученной функции в процессе работы ОЭС для расчета координат пламени.

3. Предложен способ адаптации ОЭС контроля пламени под геометрические параметры охраняемого объекта, основанный на определении оптимальных параметров системы – количества некоординатных оптико-электронных датчиков, их пространственного расположения и ориентации – за счет использования численных методов минимизации целевой функции, полученной на базе математического моделирования ОЭС, и обеспечивающий заданную погрешность определения координат пламени.

4. Впервые создана экспериментальная методика нахождения погрешности определения пространственных координат пламени многоточечной ОЭС, основанная на размещении тестовых очагов различного типа в реперных точках объемного испытательного стенда, имитирующего реальное охраняемое пространство, позволяющая установить влияние расположения зоны горения на точность контроля.

#### **5. Практическая значимость**

1. Выявлены оптимальные спектральные диапазоны контроля пламени углеводородовоздушных смесей (1,6 – 3,8 мкм и 2,6 – 4,7 мкм) и оптических помех от излучения ламп накаливания (0,78 – 1,1 мкм) и нагретых тел (3,88 – 3,92 мкм).

2. Разработан, с учетом выявленных спектральных диапазонов, принцип построения НОЭД, обеспечивающего исключение оптических помех в виде фоновой освещенности от ламп накаливания до 600 лк и излучения тел, нагретых до 350 °С, за счет использования компенсационного метода подавления оптических помех.

3. Разработано программное обеспечение, позволяющее определять количество, месторасположение и пространственную ориентацию НОЭД (на основе задаваемых геометрических параметров охраняемого объема, концентрации и дисперсного состава пыли в промежуточной среде) для построения многоточечной ОЭС обнаружения пламени с требуемой точностью определения пространственных координат пламени (не ниже 15 % согласно требованиям, предъявляемым к аналогичным системам) (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018610282 от 09.01.2018).

4. Разработанная методология построения многоточечной ОЭС контроля пламени может использоваться при проектировании быстродействующих автоматических комплексов взрывоподавления для увеличения безопасности техногенных объектов с пожаровзрывоопасными средами.

5. Разработан объемный измерительный стенд, обеспечивающий практическую реализацию созданной экспериментальной методики нахождения погрешности определения пространственных координат пламени многоточечной ОЭС.

## **6. Ценность научной работы соискателя**

Ценность научной работы соискателя подтверждается публикациями в журналах, входящих в Перечень ВАК, а также международную базу цитирования Scopus. Результаты диссертационного исследования использованы в рамках выполнения гранта РФФИ (грант № 15-08-06719, тема – «Разработка научных основ построения системы предотвращения и локализации взрывов на потенциально опасных промышленных объектах»), гранта Президента Российской Федерации (грант № МК-4677.2012.8, тема – «Многоточечная оптико-электронная система определения пространственного расположения очага взрыва на начальной стадии») и программы «У.М.Н.И.К.» фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (государственный контракт № 5853ГУ2/2014 от 10.04.2015, тема – «Автоматическая многоточечная система противопожарной защиты»).

Материалы диссертационной работы, касающиеся обработки измерительных сигналов в многоточечных ОЭС контроля, внедрены в учебный процесс по дисциплине «Основы оптико-электронных приборов и систем» на кафедре методов и средств измерений и автоматизации БТИ АлтГТУ.

**Рассматриваемая диссертация соответствует** специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий». Содержание диссертации соответствует областям исследования, указанным в паспорте специальности:

– п.3 «Разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, имеющих лучшие характеристики по сравнению с прототипами»;

– п.6 «Разработка алгоритмического и программно-технического обеспечения процессов обработки информативных сигналов и представление результатов в приборах и средствах контроля, автоматизация приборов контроля».

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 40 научных работах, в том числе в 9 статьях журналов из перечня ВАК, в 13 статьях в международной базе цитирования Scopus, в 11 статьях в сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций, в 7 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ.

*Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ*

1. Лисаков, С.А. Компьютерное моделирование системы определения координат очага взрыва на основе пространственного многоточечного анализа оптического излучения / С.А. Лисаков, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов, Кулявцев Е.Я. // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2013. – № 1.1. – С. 88–97.

2. Лисаков, С.А. Определение координат очага взрыва многоточечной оптико-электронной системой на основе метода центра тяжести / С.А. Лисаков, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин // Ползуновский вестник. – 2013. – № 2. – С. 77–81.

3. Лисаков, С.А. Определение основных эксплуатационных параметров оптико-электронного датчика многоточечной системы определения пространственного расположения очага возгорания / С.А. Лисаков, Е.В. Сыпин, А.В. Кураев, А.Н. Павлов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 107–110.

4. Лисаков, С.А. Программно-аппаратный комплекс для управления многоточечной системой определения координат очага возгорания / С.А. Лисаков, Е.В. Сыпин, А.В. Кураев, А.Н. Павлов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 179–182.

5. Зырянова, М.Н. Применение численного моделирования для решения задачи определения пространственных координат очага возгорания многоточечной оптико-

электронной системой / М.Н. Зырянова, С.А. Лисаков, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2015. – № 1. – С. 43–50.

6. Сидоренко, А.И. Экспериментальное исследование компенсационного метода для повышения помехоустойчивости ОЭП обнаружения взрывов / А.И. Сидоренко, С.А. Лисаков, Сыпин Е.В. // Ползуновский вестник. – 2016. – № 2. – С. 102–108.

7. Лисаков, С.А. Компьютерное моделирование излучения пламени при горении метано-воздушных смесей на начальной стадии развития / С.А. Лисаков, А.И. Сидоренко, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин, Г.В. Леонов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 3. – С. 32–41.

8. Лисаков, С.А. Определение оптимальных спектральных диапазонов контроля излучения пламени при использовании компенсационного метода подавления оптических помех / С.А. Лисаков, А.И. Сидоренко, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин, Г.В. Леонов // Ползуновский вестник. – 2016. – №4. – Т.2. – С.116–124.

9. Лисаков, С.А. Определение числа точек контроля и их расположения на охраняемом объекте для быстродействующей многоточечной оптико-электронной системы обнаружения пламени и определения его пространственных координат / С.А. Лисаков, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин, Г.В. Леонов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2017. – № 1. – С. 87–100.

*Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ*

10. Программа расчета координат очага возгорания многоточечной оптико-электронной системой на базе нейросетевого алгоритма / С.А. Лисаков, А.В. Кураев, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2015662499, 2015.

11. Управляющая программа контроллера лабораторного образца системы определения координат очага возгорания на основе пространственного многоточечного анализа оптического излучения / С.А. Лисаков, А.В. Кураев, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2015662584, 2015.

12. Программа расчета выходных сигналов оптико-электронных датчиков системы определения координат очага возгорания на основе пространственного многоточечного анализа оптического излучения / С.А. Лисаков, А.В. Кураев, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2015662582, 2015.

13. Компьютерная программа для расчета спектральных диапазонов контроля излучения пламени при использовании компенсационного метода подавления оптических помех / С.А. Лисаков, А.И. Сидоренко, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов, Г.В. Леонов // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017612062, 2017.

14. Компьютерная программа для адаптации многоточечной оптико-электронной системы определения пространственных координат пламени под охраняемый объект заданной формы / С.А. Лисаков, Г.В. Леонов, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов, А.Ю. Сидоренко, А.И. Кин // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018610282, 2018.

15. Компьютерная программа для оптимизации расположения датчиков многоточечной оптико-электронной системы на базе градиентного метода / С.А. Лисаков, Г.В. Леонов, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов, А.Ю. Сидоренко, А.И. Кин // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018615380, 2018.

16. Компьютерная программа для оптимизации расположения датчиков многоточечной оптико-электронной системы на базе метода покоординатного спуска / С.А. Лисаков, Г.В. Леонов, Е.В. Сыпин, А.Н. Павлов, А.Ю. Сидоренко, А.И. Кин // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018615378, 2018.

*Публикации в международной базе цитирования Scopus*

17. Lisakov, S.A. High-speed multipoint electrooptical system of flame detection and determination of its spatial coordinates / S.A. Lisakov, A.N. Pavlov, E.V. Sypin // *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. – 2019. – Iss. 10. – P. 7–13.

18. Lisakov, S.A. Experimental tests of flame control high-speed multipoint electro-optical system / S.A. Lisakov, A.N. Pavlov, E.V. Sypin // *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. – 2019. – Iss. 12. – P. 30–36.

19. Application of Neural Networks to Determine the Coordinates of the Seat of Fire by Multipoint Electro-optical System / S.A. Lisakov, E.V. Sypin, A.N. Pavlov // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2014. – P. 265–269.

20. Adaptation of the High-Speed Multipoint Electro-Optical System for Determining of Flame Spatial Coordinates at the Object of the Specified Form / S.A. Lisakov, A.N. Pavlov, E.V. Sypin, G.V. Leonov, A.I. Kin, A.Yu. Sidorenko // 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2018: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2018. – P. 403–410.

21. Experimental Study on Verification of the Flame Spatial Coordinates Determining Adequacy by Multipoint Electro-Optical System / A.N. Pavlov, E.V. Sypin, G.V. Leonov, V.A. Shadrin // 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2018: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2018. – P. 433–437.

Диссертация «Быстродействующая многоточечная оптико-электронная система контроля пламени и определения его пространственных координат»

Лисакова Сергея Анатольевича

**рекомендуется** к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Заключение принято на заседании кафедры методов и средств измерений и автоматизации.

Присутствовало на заседании – 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 7 от «14» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой МСИА,  
д-р техн. наук, доцент



А.В. Шалунов