ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.384.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 марта 2023 г. № 1/23

о присуждении Ваганову Михаилу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Контроль процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии»

по специальности 2.2.8 - Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)

принята к защите 20 декабря 2022 года, протокол № 3/22, диссертационным советом 24.2.384.02, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, приказ №1358/нк от 24.10.2022 г.

Соискатель Ваганов Михаил Александрович 02 июля 1987 года рождения.

В 2010 г. Ваганов М.А. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». Присуждена квалификация магистр техники и технологии по направлению «Телекоммуникации», диплом ВМА № 0028888.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Резонансный метод бесконтактного анализа оптических спектров и его

техническая реализация для решения задач контроля процессов горения» защитил в 2014 году в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург. Работает в должности доцента кафедры конструирования и технологий электронных и лазерных средств в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), г. Санкт-Петербург.

Диссертация выполнена на кафедре конструирования и технологий электронных и лазерных средств Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Бестугин Александр Роальдович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», институт радиотехники и инфокоммуникационных технологий, директор.

Официальные оппоненты:

1. Федин Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева», ректорат, советник ректора.

2. Вениаминов Андрей Викторович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», центр «Оптические информационные технологии», ведущий научный сотрудник.

3. Боритко Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук, отдел акустооптических информационных систем, заведующий лабораторией лазерной техники.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Открытое акционерное общество «Авангард» (ОАО «Авангард»), г. Санкт-Петербург, в своем **положительном** отзыве, утвержденном генеральным директором ОАО «Авангард» И.И. Евсеевым, подписанном доктором физико-математических наук, профессором В.Д. Лукьяновым, кандидатом технических наук, доцентом Н.Е. Манвеловой, указала, что диссертация Ваганова М.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема оптимизации процесса горения газообразного углеводородного топлива, в том числе за счет обеспечения полноты его сгорания, путем разработки и внедрения спектроскопического метода контроля, характеризующегося высокой достоверностью по отношению к существующим методам и позволяющего создавать и внедрять системы контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками.

Диссертационная работа соответствует критериям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ от 24.09.2013 года № 842, а, ее автор, Ваганов Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Соискатель имеет 64 опубликованные работы, 15 в ведущих рецензируемых научных изданиях, из них 8 - без соавторов. Автором по теме исследования опубликована монография, 29 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. По теме

исследования получено 3 патента на полезную модель РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ, опубликовано 8 статей в других изданиях, 7 отчетов о выполнении НИР. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на международных научных конференциях. Общий объем 68,6 усл. п. л. (45,8 п.л. соискателя).

В диссертации Ваганова М.А. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Получены акты о внедрении результатов диссертационной работы от следующих организаций: ООО «СЕВЗАПТЕХНИКА», АО «КНАУФ ПЕТРОБОРД», ООО «Теплоэнергосервис ДКМ», ООО «ПГ «Фосфорит», АО «Научно-исследовательский институт Точной Механики» (НИИ ТМ), ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Наиболее **значительные научные работы** по теме диссертации:

1. Ваганов, М.А. Спектроскопический контроль процесса горения газообразного углеводородного топлива / М.А. Ваганов // Датчики и системы. – 2022. № 5. С. 24-28 (объем 0,6 усл. п. л.).

Личный вклад: Разработаны макеты дифракционного спектрального прибора и многоканального оптического спектрометра и проведено экспериментальное исследование процесса горения газообразного углеводородного топлива с их применением.

2. Ваганов, М.А. Спектральная диагностика процесса горения газообразного углеводородного топлива / М.А. Ваганов // Контроль. Диагностика. – 2021. – Т. 24, № 10. – С. 12–17 (объем 0,8 усл. п. л.).

Личный вклад: Проведено экспериментальное исследование спектроскопических параметров, характеризующих процесс горения пропана, методом эмиссионной оптической спектроскопии.

3. Ваганов, М.А. Применение методов прикладной спектроскопии в задаче контроля технологического процесса производства дефторированного фосфата /

М.А. Ваганов, В.И. Казаков, В.Ф. Лебедев, А.Р. Бестугин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 10. – С. 15-24. (объем 1,1 усл. п. л. /авторский вклад 0,7 усл. п. л.).

Личный вклад: Проведен эксперимент по контролю процесса горения природного газа в промышленной печи методом эмиссионной спектроскопии.

4. Ваганов, М.А. Многопараметрический контроль физико-химических и технологических процессов методами оптической спектрометрии / М.А. Ваганов // Вестник НЦБЖД. – 2021. – Т. 39, № 3. – С. 136-144 (объем 0,8 усл. п. л.).

Личный вклад: Обоснованы особенности спектроскопического контроля процессов горения по множеству параметров и установлено влияние статистической зависимости параметров на вероятности ошибок контроля.

5. Vaganov, M.A. Diffraction losses investigation in a fiber-optic transmission line of analyzed signals for combustion processes control systems / M.A. Vaganov, V.I. Kazakov// Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems. – Springer International Publishing, 2021. – P. 554-560 (объем 1 усл. п. л. / авторский вклад 0,7 усл. п. л.).

Личный вклад: Проведено исследование потерь, возникающих при передаче излучения по оптоволокну, и разработана методика их коррекции, позволяющая повысить чувствительность прибора.

6. Ваганов, М.А. Спектроскопическая система многопараметрического контроля процессов горения / М.А. Ваганов // Вестник ПГТУ. – 2021. – № 3. – С. 63–76 (статья в рецензируемом издании ВАК, объем 1,5 усл. п. л.).

Личный вклад: Дано математическое описание контроля, проводимого по множеству параметров, позволяющее установить допускаемые значения результатов спектральных измерений, обеспечивающие заданную достоверность контроля, и выполнена экспериментальная отработка методики спектроскопического контроля.

7. Ваганов, М.А. Диагностика процесса горения газообразного углеводородного топлива методом лазерно-искровой эмиссионной

спектрометрии / М.А. Ваганов // Датчики и системы. – 2021. – № 3. – С. 37-41. (статья в рецензируемом издании ВАК, объем 1,0 усл. п. л.).

Личный вклад: Выполнено экспериментальное исследование спектроскопических параметров, характеризующих горение пропана, методом лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии.

8. Ваганов, М.А. Системный подход к решению задачи контроля процессов горения методами прикладной оптической спектроскопии / М.А. Ваганов // Датчики и системы. – 2020. – № 7. – С. 33-39 (объем 0,7 усл. п. л.).

Личный вклад: Предложен системный подход к решению задачи контроля процессов горения методами оптической спектроскопии, дано математическое описание вероятностей ошибок контроля, характеризующих его достоверность.

9. Ваганов, М.А. Применение бесконтактной оптической спектроскопии в задачах многоальтернативного автоматического управления физическими и физико-химическими процессами / М.А. Ваганов, О.Д. Москалец // Датчики и системы. 2019. № 11. С. 55-11 (объем 0,9 усл.п.л./ авторский вклад 0,5 усл. п. л.).

Личный вклад: Обосновано применение спектрального прибора с передачей сигналов по оптоволокну в системах контроля физических и физико-химических процессов, сопровождающихся эмиссией оптического излучения.

10. Vaganov, M.A. High-order transmissive diffraction grating for high-resolution spectral systems / M.A. Vaganov, V.I. Kazakov, O.D. Moskaletz/ Proc. of SPIE Modeling Aspects in Optical Metrology VII. – Bellingham, WA, 2019. – Vol. 11057. – P. 110571G. (объем 1 усл. п. л. / авторский вклад 0,7 усл. п. л.)

Личный вклад: Предложен способ повышения разрешающей способности спектрального прибора за счет применения дифракционных решеток, особая топология которых перераспределяет интенсивность дифрагированного света в высшие порядки. Синтезирована топология дифракционной решетки такого типа путем компьютерного моделирования, изготовлены макетные образцы решетки и проведено их экспериментальное исследование.

11. Ваганов, М.А. Методы оптической спектроскопии в системах автоматического управления процессами горения / М.А. Ваганов,

О.Д. Москалец // Датчики и системы. – 2018. – № 12. – С. 32-37 (объем 0,9 усл. п. л./авторский вклад 0,5 усл. п. л.).

Личный вклад: Дано математическое обоснование процесса фотодетектирования оптического сигнала, показано, что на выходе спектрального прибора формируется множество значений фототока, пропорциональных оценке энергетического спектра.

12. Ваганов, М.А. Методы теории случайных процессов в задачах спектральных измерений / М.А. Ваганов, В.И. Казаков, С.В. Кулаков, О.Д. Москалец // Радиотехника. – 2017. – № 5. – С. 67-72 (объем 0,7 усл. п. л. / авторский вклад 0,25 усл. п. л.).

Личный вклад: Математически описано действие спектрального прибора линейными интегральными операторами, устанавливающими связь вход-выход прибора, как для комплексных, так и для энергетических спектров.

13. Ваганов, М.А. Системный подход в теории оптических спектральных измерений / М.А. Ваганов, В.И. Казаков, О.Д. Москалец // Датчики и системы. – 2016. – № 1. – С. 10-15 (объем 0,9. п. л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

Личный вклад: Предложено деление спектрального прибора на две подсистемы, выполняющие линейные и нелинейные преобразования оптического излучения соответственно, и разработаны математические модели дифракционного прибора и многоканального спектрометра.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 12 организаций (все отзывы положительные):**

1. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (подписал проректор по образовательной деятельности, д-р техн. наук В.Н. Кузнецова). Замечания: 1) Осталось неясным, какие допущения приняты автором диссертации при разработке математической модели спектрального прибора оптического диапазона. 2) Не приведены направления и перспективы дальнейших исследований автора по теме диссертации.

2. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», (подписал декан факультета «Информационные и управляющие системы», д-р техн. наук, профессор С.Ю. Страхов). Замечания: 1) К основному недостатку автореферата диссертации можно отнести то, что в нем недостаточно внимания уделено практическому применению метода лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии во внелабораторных условиях.

3. ФГАНУ «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) (подписали директор-главный конструктор, д-р техн. наук А.В. Лопота и заместитель директора по научной работе, кандидат технических наук А.В. Попов). Замечания: 1) В автореферате не приведены результаты экспериментальных исследований, на основании которых сделан вывод, что применение волоконно-оптического жгута позволяет увеличить чувствительность многоканального спектрометра более чем на 15 %, а предложенная топология решетки нового типа повышает разрешающую способность дифракционного прибора более чем на 20%. 2) В автореферате не приведены результаты экспериментальных исследований энергетических потерь в системе вывода излучения, возникающих в результате непопадания части излучения на поверхность линзы.

4. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», (подписал декан факультета энергетического факультета, д-р техн. наук, профессор В.А. Шпенст). Замечания: 1) Из автореферата неясно, почему было принято допущение, что процесс горения пропана протекает в штатном режиме при соотношении газ/воздух от 0,9 до 1,1. 2) Методику подготовки и проведения контроля процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии следовало представить в виде алгоритма.

5. ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (подписал профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника», д-р техн. наук, профессор

Н.Н. Ефимов). Замечания и вопросы: 1) Из текста автореферата не вполне ясно, почему в работе рассматриваются только два метода спектроскопии: эмиссионная спектроскопия и лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия, и не рассматривается, например, абсорбционная спектроскопия. 2) В диссертации нет оценки инерционности воздействия новых методов на систему управления процессами горения. 3) Не ясно, может ли этот метод применяться при горении твердых топлив. 4) Нет размерностей параметров даже на графиках. 5) Автореферат набран таким мелким шрифтом, что его трудно читать.

6. АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова» (подписали канд. физ.-мат. наук А.В. Савушкин и начальник отдела - главный конструктор по гидрооптике и оптической связи, д-р физ.-мат. наук, В.А. Яковлев). Замечания: 1) Из автореферата неясно, почему в рамках разработанного метода спектроскопического контроля рассматривается применение двух типов спектральных приборов и не рассмотрены такие приборы как Фурье-спектрометр. 2) В автореферате недостаточно уделено внимания практической реализации волоконно-оптической системы передачи анализируемых сигналов.

7. ФГБУН «Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН» (заместитель директора по научной работе, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор М.В. Якобовский). Замечания: 1) В автореферате приводится параметр – минимальное количество информации, формула (11), но четко не определено, что устанавливает этот параметр, и почему это количество информации является минимальным. 2) Из автореферата неясно, как именно, были определены вероятности ошибок контроля 1-го и 2-го рода, учитывающие дополнительные ограничения заданных пределов, в которых должны находиться результаты измерений контролируемых спектроскопических параметров.

8. АО «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института» (подписали заместитель генерального директора по научной деятельности, д-р техн. наук, профессор А.О. Жуков и ведущий научный

сотрудник, д-р техн. наук В.Н. Христофоров). Замечания: 1) Не ясно, был ли апробирован метод лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии на промышленном объекте. 2) Отсутствует пояснение, почему при экспериментах на промышленной печи применялся серийный спектрометр, а не разработанный спектральный прибор.

9. ФГБУН «Институт аналитического приборостроения Российской академии наук» (подписал руководитель научного направления, д-р техн. наук, профессор В.Е. Курочкин). Замечания: 1) Следовало бы более подробно изложить суть эксперимента по определению чувствительности многоканального спектрометра, и какой при этом применялся волоконно-оптический жгут. 2) В автореферате приводятся результаты исследований влияния волоконно-оптической системы на аппаратную функцию дифракционного прибора, но не проведены аналогичные исследования по отношению к многоканальному спектрометру.

10. ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (подписал главный научный сотрудник отдела №77 (НИО-7), д-р физ.-мат. наук В.Г. Пальчиков). Замечания: 1) Из автореферата неясно, применимы ли результаты теоретических исследований для любых методов оптической спектроскопии или только для тех, которые были рассмотрены в рамках диссертационной работы. 2) На рисунке 1 приведена функциональная схема спектрального прибора, следовало бы добавить первый блок – «контролируемый процесс» или «источник сигналов».

11. ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН» (подписал старший научный сотрудник лаборатории физики сегнетоэлектричества и магнетизма, канд. физ.-мат. наук, В.Г. Залесский). Замечания: 1) В автореферате не отражено, рассматривался ли в работе вопрос об измерении температуры спектральным методом и можно ли температуру использовать как один из параметров для процедуры контроля процессов горения газообразных углеводородов. 2) Не оговариваются температурные

ограничения на элементы конструкции разработанных приборов, вводимые в контакт с полем излучения. 3) В тексте автореферата не приводятся времена процесса измерения или другие параметры, характеризующие быстродействие предложенного метода.

12. ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН» (подписал главный научный сотрудник, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор В.А. Черепенин). Замечания: 1) Из автореферата неясно для каких распределений спектроскопических параметров проводилось моделирование влияния статистической зависимости параметров и погрешностей измерений на ошибки контроля. 2) Стоило более подробно расписать результаты экспериментальных исследований технических характеристик разработанных спектральных приборов контроля. 3) Не приведена классификация спектроскопических методов.

Все отзывы положительные и содержат заключение о том, что Ваганов Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 - Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области лазерной техники, спектроскопии и оптического приборостроения, а также наличием соответствующих публикаций, в том числе в ведущих журналах, определенных ВАК при Министерстве науки и высшего образования России. Выбор ОАО «Авангард» в качестве ведущей организации обусловлен огромным опытом организации в разработке и создании нового контрольного и аналитического оборудования, в том числе работающего в оптическом диапазоне, и в выполнении фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ по решению приоритетных задач в области приборостроения, а также большим числом публикаций в данной предметной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

разработаны:

- универсальный спектроскопический метод контроля процессов горения газообразных углеводородов, основанный на регистрации, анализе и сопоставлении множества спектроскопических параметров, позволяющий выполнять контроль процессов горения газообразных углеводородов с высокой достоверностью по сравнению с существующими методами, а также создавать и внедрять системы контроля с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками;
- математические модели дифракционного спектрального прибора и многоканального оптического спектрометра, позволяющие установить связь вход-выход спектральных приборов для комплексных и энергетических спектров оптического излучения, характеризующего контролируемый процесс горения газообразных углеводородов;

предложены:

- новое математическое описание спектрального прибора как информационной измерительной системы, выполненное на основе математического аппарата, ранее не применявшегося в оптической спектроскопии, что в отличие от традиционного подхода позволило выполнить последовательный анализ прохождения анализируемого сигнала через все функциональные узлы прибора;
- теоретическое описание процедуры контроля, технических средств и спектроскопических параметров, позволяющее сформировать требования к контролю и к минимально необходимым характеристикам применяемых спектральных приборов, обеспечивающих заданную достоверность;
- техническая реализация спектральных приборов контроля с применением волоконно-оптической системы передачи сигналов на базе разработанных математических моделей, позволяющая создавать системы контроля с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками;

доказана возможность повышения достоверности проводимого спектроскопического контроля процессов горения газообразных углеводородов

по сравнению с существующими методами на основе разработанной методики подготовки и проведения контроля и установленных новых зависимостей параметров, характеризующих горение, при раздельном и комбинированном применении эмиссионной спектроскопии и лазерно-искровой спектрометрии;

введены информационные характеристики спектрального прибора контроля, позволяющие выполнить сравнение приборов разного типа по их результативности, а также выбрать соответствующий прибор при заданных допустимых вероятностях ошибок контроля и оценить согласованность отдельных приборов при совместном их применении для решения конкретной прикладной задачи контроля процесса горения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана перспективность применения методов оптической спектроскопии для контроля процессов горения газообразных углеводородов по сравнению с существующими методами, что позволяет создавать и внедрять системы контроля с улучшенными характеристиками.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы методы теории вероятностей и математической статистики, теории сигналов, линейных систем и спектрального анализа, теории информации, матричного и вариационного исчисления, а также методы теории волоконно-оптической связи и волновой оптики, методы компьютерного моделирования и статистические методы обработки полученных результатов;

изложены:

- особенности нового математического описания спектрального прибора как информационной измерительной системы, позволяющего учесть влияние конструктивных особенностей спектрального прибора и внешних условий на результаты проводимого контроля;
- особенности теоретического описания процедуры контроля и технических средств, что позволило: сформировать требования к минимально необходимым характеристикам спектральных приборов контроля, обеспечивающих заданную

достоверность; выполнить сравнение приборов по их результативности; выработать требования к формированию оптимального правила принятия решения при контроле, проводимом по множеству параметров;

раскрыты особенности и возможности спектроскопического контроля процесса горения, основанного на регистрации, анализе и сопоставлении множества спектроскопических параметров, полученных как при раздельном, так и при комбинированном применении различных методов оптической спектроскопии, позволяющего повысить достоверность проводимого контроля по сравнению с существующими методами;

изучено влияние статистической зависимости контролируемых параметров и погрешностей спектральных измерений на ошибки спектроскопического контроля, что позволило выработать оптимальное правило принятия решения, обеспечивающее его заданную достоверность;

проведена модернизация технических средств спектроскопического контроля в форме оптических спектральных приборов с волоконно-оптической системой передачи на основе предложенного алгоритма расчета параметров штрихов дифракционной решетки и разработанной методики расчета и корректировки потерь и искажений, возникающих при передаче сигнала по волокну.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен универсальный спектроскопический метод контроля процессов горения газообразных углеводородов, отличающийся повышенной достоверностью по сравнению с существующими методами контроля, применение которого позволяет повысить КПД теплоэнергетической установки до 3 % и снизить расход топлива от 0,5 до 3% (в зависимости от объекта), а также уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу на 7 %, что подтверждается соответствующими актами внедрения и использования от следующих предприятий: ООО «СЕВЗАПТЕХНИКА», АО «КНАУФ ПЕТРОБОРД», ООО «Теплоэнергосервис ДКМ», ООО «ПГ «Фосфорит».

разработаны спектральные приборы с применением волоконно-оптической

системы передачи сигналов, отличающиеся новизной, что подтверждается патентами РФ на полезную модель и свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ, и улучшенными характеристиками по сравнению с известными прототипами, что позволило увеличить чувствительность приборов на 10%, подтверждено актом АО «НИИ ТМ»;

определены новые зависимости спектроскопических параметров в спектре излучения контролируемого процесса горения газообразных углеводородов от режимов горения при раздельном и комбинированном применении эмиссионной спектроскопии и лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии, позволяющие с большей достоверностью проводить контроль процессов горения по сравнению с существующими методами;

определены перспективы практического применения разработанного универсального спектроскопического метода контроля процессов горения газообразных углеводородов и разработанных оптических спектральных приборов с волоконно-оптической системы передачи сигналов, которые частично рассматривались при выполнении ряда крупных научно-исследовательских проектов в рамках грантов: РФФИ НИР № АААА-Б17-217062020050-5 (2015-2016 гг.), РФФИ НИР № АААА-А17-117041110152-4 (2017-2019 гг.), РФФИ НИР № АААА-А20-120011590133-2 (2020-2022 гг.) и РНФ НИР № АААА-А19-119091290050-1 (2019 - 2022 гг.);

представлена методика подготовки и проведения спектроскопического контроля процессов горения газообразных углеводородов, позволяющая проводить контроль с заданной достоверностью при применении технических средств с минимально необходимыми для этого характеристиками.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана корректная постановка исследовательских задач, физическая обоснованность полученных результатов; результаты получены с использованием сертифицированного оборудования и частично с помощью разработанных и созданных в рамках диссертационного исследования приборов;

теория построена на достоверных методах и положениях, согласуется с полученными результатами моделирования и экспериментальными данными, а

также с опубликованными теоретическими и экспериментальными результатами других авторов в этой области;

идея базируется на обобщении передового опыта ведущих отечественных и зарубежных ученых;

использованы результаты сравнения полученных в работе экспериментальных результатов с ранее известными практическими результатами;

установлено качественное совпадение результатов работы с результатами независимых источников по тематике исследования;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследований, разработке теоретических моделей и формулировке предложенных метода и моделей, планировании исследований и экспериментов, обработке данных и интерпретации полученных результатов, обобщении результатов в виде обоснованных выводов и рекомендаций, изложении содержания исследований в форме научных публикаций и апробации результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не рассмотрены вопросы, связанные с метрологической аттестацией разработанных приборов согласно установленной нормативно-технической документации, не проведено исследование применимости метода лазерно-искровой спектрометрии на промышленном объекте, не приведена оценка влияния качества оптоволокна, в частности, наличия примесей, на искажения передаваемого сигнала, отсутствует проработка вопроса применимости разработанного метода для контроля процессов горения других видов топлива.

Соискатель Ваганов М.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обсуждаемым научным положениям.

На заседании 28 марта 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, а именно, решение проблемы оптимизации процесса горения газообразного углеводородного топлива за счет обеспечения полноты его сгорания, путем разработки и внедрения спектроскопического метода контроля, характеризующегося высокой достоверностью по отношению к существующим

методам, присудить **Ваганову Михаилу Александровичу** ученую степень доктора технических наук по специальности 2.2.8 - Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.2.8, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 15, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета 24.2.384.02,
доктор технических наук, доцент

Фролова Елена Александровна

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.384.02,
кандидат технических наук, доцент

Назаревич Станислав Анатольевич

«28» марта 2023 года

ГУАП ОКР
Подпись Фролова Е.А.
Назаревича С.А.
Начальник Отдела Образования
Р.П. Клименко
28 03 23