

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Боритко Сергея Викторовича

на диссертационную работу Ваганова Михаила Александровича «Контроль процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационной работы

Одним из приоритетных направлений устойчивого развития современной энергетики является энергоэффективное использование топливных ресурсов при условии экологической безопасности. Очевидно, что решение этих жизненно важных вопросов невозможно без соответствующих средств контроля, требующих как разработки новых методов, так и совершенствования имеющегося оборудования. Поэтому, тематика представленной работы, посвященной "разработке универсального спектроскопического метода контроля процессов горения газообразных углеводородов, который обеспечивает повышение достоверности проводимого контроля, а также позволяет создавать и внедрять системы контроля с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками" является актуальной, практически значимой и своевременной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Все положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы, их достоверность подтверждаются полнотой анализа отечественных и зарубежных источников информации, характеризующих современное состояние в исследуемой предметной области; корректным

применением математического аппарата и высокой степенью сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также широким спектром публикаций и выступлений как на 16 международных конференциях и форумах, так и на 2 всероссийских.

3. Научная новизна и значимость результатов исследования, полученных автором

Научная новизна результатов диссертационной работы состоит в следующем:

1. На основе математического аппарата (теории линейных систем, теории сигналов и методов матричного анализа) предложено не применявшееся ранее в оптической спектроскопии математическое описание дифракционного спектрального прибора и многоканального оптического спектрометра как информационной измерительной системы. Новизна разработанных математических моделей связана с тем, что они позволяют установить связь вход-выход спектральных приборов для комплексных и энергетических спектров оптического излучения.

2. Разработан универсальный спектроскопический метода контроля процессов горения, основанный на регистрации, анализе и сопоставлении множества спектроскопических информационных параметров, полученных как при отдельном, так и при комбинированном применении различных методов оптической спектроскопии. Разработанный метод позволяет не только повысить достоверность проводимого контроля по сравнению с существующими методами, но и сформировать требования к минимально необходимым характеристикам приборов спектроскопического контроля, обеспечивающих заданную достоверность, а также разработать методику подготовки и проведения спектроскопического контроля процессов горения.

3. Предложена техническая реализация приборов с применением волоконно-оптической системы передачи анализируемых сигналов, отличающихся улучшенными техническими и эксплуатационными

характеристиками по сравнению с известными прототипами. Новизна применяемых технических решений подтверждена патентами РФ.

4. Установлены новые зависимости спектроскопических параметров в спектре излучения контролируемого процесса горения газообразных углеводородов при отдельном и комбинированном применении эмиссионной спектроскопии и лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии, позволяющие с большей достоверностью и оперативностью проводить контроль процессов горения по сравнению с существующими методами контроля.

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что совокупность предложенных в работе научных положений характеризует существенный вклад автора в дальнейшее развитие теории и практики оптической спектроскопии применительно к задачам контроля процессов горения газообразных углеводородов с целью повышения экологической безопасности окружающей среды.

4. Теоретическая и практическая ценность результатов работы

Теоретическая значимость обусловлена:

1. Разработкой нового математического описания спектрального прибора как информационной измерительной системы и математических моделей спектральных приборов, что в отличие от традиционного описания позволяет выполнить последовательный анализ прохождения анализируемого оптического сигнала через все функциональные узлы прибора: от его входа до результата регистрации спектра и учесть влияние его конструктивных особенностей и внешних условий на результат спектрального измерения.

2. Теоретическим описанием как процедуры контроля и технических средств, так и спектроскопических параметров, характеризующих процесс горения, выполненным в рамках разработанного универсального спектроскопического метода контроля, который позволяет, исходя из заданных допустимых вероятностей ошибок контроля, сформировать

требования к минимально необходимым характеристикам приборов, обеспечивающих требуемую достоверность контроля и оценить согласованность отдельных приборов при совместном их применении для решения конкретной прикладной задачи контроля процесса горения.

Практическая значимость диссертации состоит в следующем:

1. Разработанный универсальный спектроскопический метод контроля позволяет проводить контроль процессов горения газообразных углеводородов с повышенной достоверностью по сравнению с существующими методами контроля, что приводит к снижению расходов топлива до 3%. Одновременное применение разных методов спектроскопии для контроля одного и того же процесса, позволяет не только повысить его достоверность, но и дает возможность прогнозировать направление изменения соотношения газ-воздух по взаимному изменению интенсивностей контролируемых параметров относительно друг друга, что повышает оперативность проводимого контроля.

2. Разработанные оптические спектральные приборы с применением волоконно-оптической системы передачи анализируемых сигналов позволяют создавать приборы контроля с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с прототипами. В многоканальном оптическом спектрометре применение жгута волокон позволяет повысить его чувствительность более чем на 15% по сравнению со спектрометрами других типов, в дифракционном спектральном приборе применение дифракционной решетки нового типа позволяет повысить его разрешающую способность более чем на 20% по сравнению с традиционной решеткой. Применение разработанной методики коррекции энергетических потерь и искажений сигналов, возникающих в оптическом волокне, позволяет улучшить технические и эксплуатационные характеристики разрабатываемых приборов.

3. На основе установленной зависимости от режимов горения спектроскопических параметров в спектре излучения пламени газообразных

углеводородов может быть организована процедура контроля методами эмиссионной спектроскопии или лазерно-искровой спектрометрии любых объектов, в технологических процессах которых применяется сжигание газообразных углеводородов.

4. Разработанная методика подготовки и проведения спектроскопического контроля процессов горения позволяет проводить контроль с требуемой достоверностью при применении технических средств с минимально необходимыми характеристиками, что позволяет повысить коэффициент использования топлива, КПД теплоэнергетических установок и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Основные результаты диссертационной работы получены в ходе выполнения грантов:

РФФИ № 115020310156 (соискатель являлся соисполнителем).

РФФИ № АААА-Б17-217062020050-5 (соискатель являлся руководителем).

РФФИ № АААА-А16-116020960154-1 (соискатель являлся соисполнителем).

РФФИ № АААА-А17-117041110152-4 (соискатель являлся руководителем).

РФФИ № АААА-А17-117041010189-1 (соискатель являлся соисполнителем).

РФФИ № АААА-А20-120011590133-2 (соискатель являлся руководителем).

Президента РФ № МК-5894.2018 (соискатель являлся руководителем).

РНФ № АААА-А19-119091290050-1 (соискатель являлся руководителем).

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается актами внедрения и использования в следующих предприятиях: ООО «СЕВЗАПТЕХНИКА», АО «КНАУФ ПЕТРОБОРД», ООО «Теплоэнергосервис ДКМ», ООО «ПГ «Фосфорит», АО «НИИ ТМ».

5. Публикации по теме диссертационной работы

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 64 печатных работах, из них: 1 монография, 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе 13 по научной специальности из которых 8 без соавторов, 29 статей – в изданиях, индексируемых реферативными базами «Scopus» и «Web of Science», 3 из которых без соавторов, 8 статей в сборниках докладов конференций и 7 отчетов о выполнении НИР. По теме исследования получено 3 патента РФ на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

6. Общая оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Полный объем диссертации с учетом приложений составляет 324 страницы, включая 99 рисунков и 15 таблиц. Список использованной литературы содержит 202 наименования. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно, экспериментальные исследования проведены при участии и под его непосредственным руководством.

В первой главе выполнен обзор задач, методов и технических средств контроля процессов горения в энергетике. Показано, что методы спектроскопии является наиболее чувствительными и информативными и могут быть успешно применены для контроля процессов горения газообразных углеводородов.

Вторая и третья главы являются теоретическими, где на едином математическом описании спектрального прибора как информационной измерительной системы и математических моделей дифракционного спектрального прибора и многоканального оптического спектрометра предложен универсальный спектроскопический метод контроля процессов горения газообразных углеводородов. Новизна метода состоит в том, что он основан на регистрации, анализе и сопоставлении множества

информационных параметров, полученных как при отдельном, так и при комбинированном применении различных методов оптической спектроскопии и описывает процедуру контроля, технические средства и спектроскопические параметры в рамках единого математического аппарата.

Четвертая и пятая главы диссертационной работы содержат результаты технической реализации приборов контроля в форме оптических спектральных приборов. Рассматриваются вопросы улучшения их характеристик, а также исследований спектроскопических параметров, характеризующих процесс горения газообразных углеводородов. В качестве методов спектроскопии были применены методы эмиссионной спектроскопии и лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии. Кроме того приводится разработанная методика подготовки и проведения контроля процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии.

Содержание и структура диссертации Ваганова М.А. логически взаимосвязаны и соответствует сформулированной цели исследования. Выдвигаемые в диссертационной работе научные положения, а также сформулированные выводы и предложения, как результаты исследования, обладают научной новизной. Текст диссертационной работы оформлен аккуратно, в соответствии с требованиями ГОСТ. Список использованных литературных источников оформлен также в соответствии с требованиями ГОСТ.

Изложение материала относительно легко читается, но перегружено сокращениями, что требует определенного привыкания к пониманию текста. Каждое приводимое утверждение логически вытекает из предыдущего, поэтому легко воспринимается, а необходимые уточняющие или подтверждающие материалы вынесены в приложения и не перегружают основной текст.

Результаты работы могут быть востребованы во всех отраслях промышленности, где возникает необходимость контроля и оптимизации

режимов горения газообразных углеводородов, в том числе применяемых для выработки тепловой энергии.

Автореферат диссертации правильно и в полной мере передает основное содержание работы.

7. Недостатки и замечания по диссертационной работе.

Наряду с отмеченными положительными сторонами, диссертационная работа Ваганова Михаила Александровича не лишена недостатков:

1. В п. 3.5 главы 3 рассмотрены результаты моделирования влияния статистической зависимости контролируемых спектроскопических параметров и погрешностей измерений на ошибки контроля только для двумерных нормальных распределений значений фототока и не рассмотрен случай для многомерных распределений.

2. В п.5.4 пятой главы приводятся результаты спектроскопического контроля процесса горения пропана разработанным многоканальным оптическим спектрометром и отмечается, что при его применении снижаются вероятности ошибок контроля относительно только одного спектрометра OceanOptics. По моему мнению, следовало бы привести анализ положительного эффекта технической реализации спектроскопической системы контроля на основе разработанного многоканального оптического спектрометра по сравнению с серийными спектрометрами.

3. Одним из моментов, приводящих к повышению разрешающей способности дифракционного спектрального прибора, является применение дифракционных решеток нового типа, позволяющих работать в высших дифракционных порядках. Следовало бы привести описание технологии изготовления экспериментальных образцов таких дифракционных решеток.

4. Эксперимент по определению коэффициента избытка воздуха спектроскопическим методом контроля на промышленном объекте, а также методику расчета перерасхода газа следовало бы раскрыть более детально.

Высказанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают достаточно высокой ценности представленной работы.

8. Выводы и заключение

В целом, подводя итог изложенному, считаю, что диссертация Ваганова М.А. «Контроль процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии» представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, обладающее научной новизной и имеет теоретическую и практическую значимость.

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки) и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Ваганов Михаил Александрович – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и , изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией лазерной техники отдела акустооптических информационных систем федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН»

20.02.2023

С.В. Боритко

Подпись г.ф.и.ч, проф. С.В. Боритко
заверши



ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА
ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ
К.Ф.-М.Н.
Д.В. ЧУРИКОВ