

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Вавилова Владимира Платоновича на диссертационную работу Берга Ивана Александровича на тему «Исследование методов трансформации и анализа ИК-тепловизионной видеоинформации о факельном горении газообразного топлива» по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертации

Следует отметить, что даже в современном тепломеханическом и энергетическом оборудовании, использующем факельное сжигание топлива, реализуют устаревшие подходы к управлению процессами горения. Актуальной задачей является разработка принципиально новых систем автоматического управления, основанных на применении бесконтактных способов диагностики газовых потоков и факелов, например, в инфракрасном (ИК) спектре электромагнитных волн. В связи с этим возникает важная задача обработки информации, поступающей с датчика (ИК тепловизора) в реальном времени, получая при этом физически интерпретируемые результаты.

Диссертация И.А. Берга посвящена разработке методик обработки ИК-тепловизионных последовательностей термограмм горящего факела с целью определения информационно-содержательных количественных характеристик, позволяющих определять и сравнивать различные режимы горения факела. В результате выполнения диссертационных исследований была обоснована возможность трансформации исходной информации во временные ряды, характеризующие стабильность горения газового факела. Была доказана стационарность определённых информационных параметров, а также

разработаны алгоритмы для их определения, которые могут быть реализованы в реальном времени.

Степень обоснованности сформулированных в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций.

В диссертации изучены и критически проанализированы известные достижения отечественных и зарубежных ученых по исследованию газовых факелов и струй в ИК спектре. Показано, что при тепловизионной съёмке факела в диапазоне длин электромагнитных волн 1,5-5,1 мкм, вне зависимости от момента съёмки или режима подачи топлива в горелку, распределение количества характерных точек (фактически, пикселей термограмм) по диапазонам измеренных значений имеет вид двумодального распределения с ограниченной областью рассеяния. Показано, что для аппроксимации изучаемого распределения целесообразно использовать непараметрический метод Розенблатта-Парзена с нормальным распределением в качестве ядерной функции. Показано, что состояние факела возможно описать набором стационарных параметров, вычисляемых из каждого мгновенного изображения горящего факела в соответствии с предложенной автором методикой.

Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертационной работе, обусловлена корректным использованием методов анализа первичной информации и выбранных количественных показателей процесса горения факела, согласованностью результатов спектрального анализа и сингулярного спектрального анализа исследованных временных рядов, соответствием результатов анализа ИК-тепловизионных изображений факела современным представлениям о физико-химических процессах, протекающих при сжигании газообразного топлива.

По теме диссертации опубликовано 16 работ, отражающих основные положения исследования, среди которых 12 – в периодических изданиях,

рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в том числе включённых в международные реферативных базы данных и системы цитирования; 4 – статей и тезисов в других рецензируемых научных изданиях. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна работы.

Научная новизна работы заключается в:

- 1) Обосновании рекомендуемых методов анализа ИК-тепловизионных изображений горящего факела, обеспечивающих вычисление количественных показателей, которые характеризуют процесс горения газообразного топлива (данное научное положение обосновано результатами анализа плотностей распределения пикселей ИК-тепловизионных изображений факела по температуре).
- 2) Подтверждении стационарности во времени определённых количественных показателей процесса горения факела вне зависимости от режима подачи газообразного топлива.
- 3) Количественном описании отличий процессов горения в непрерывном и импульсном режимах подачи топлива.

Практическая значимость.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается использованием разработанных методик при проведении натурных испытаний горелочных устройств в ЗАО «Инженерный центр Уралтехэнерго», при осуществлении проектной и эксплуатационной деятельности в ООО «БелЭнергоПроект», при реализации научно-исследовательской деятельности ФГАОУ ВО УрФУ. Разработанная автором программа для ЭВМ может быть использована для анализа первичной информации получаемой при исследовании горящего факела в инфракрасном спектре.

Качество изложения и оформления материала.

Материал диссертации изложен грамотным научным языком. Ключевые позиции сопровождаются качественными графическим материалом и формулами. Все положения подтверждаются достаточным количеством результатов обработки данных, приведёнными в таблицах и графиках.

Замечания

1) В экспериментальной части диссертационного исследования выполнялась съёмка горящего факела в ИК спектре с помощью тепловизионной камеры в спектральном диапазоне 1,5-5,1 мкм и без использования дополнительных оптических фильтров. Диссертация приобрела бы дополнительную ценность, если бы было проведено дополнительно исследование горящего факела в более узких спектральных диапазонах (с применением различных оптических фильтров), где динамика температурных полей может обладать определенной спецификой.

2) В Главе 2 приведены результаты обработки исходных тепловизионных последовательностей, с помощью разработанной автором программы «Thermal Oscillations Analyzer», в виде двумерных изображений. Возможна ли интерпретация представленных результатов не с оптической, а с теплотехнической точки зрения?

3) В тексте диссертации имеются некоторые огрехи стиля.

Заключение

Отмеченные выше замечания не снижают ценности работы. Диссертационная работа **Берга Ивана Александровича** «Исследование методов трансформации и анализа ИК-тепловизионной видеоинформации о факельном горении газообразного топлива» представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой решена важная

научно-техническая задача, а именно, разработана методика вычисления информационно-содержательных количественных характеристик факельного горения по данным тепловизионной съёмки. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, и содержанию паспорта специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь)» в пунктах 5, 12. **Берг Иван Александрович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь).

Официальный оппонент

Вавилов Владимир Платонович, заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
заведующий научно-производственной лабораторией «Тепловой контроль»
Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Дата « 25 » 03 2020 г.

Тел. +7 (3822) 60-63-33.


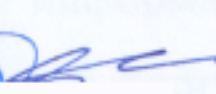
E-mail: vavilov@tpu.ru

634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30.



Подпись Вавилова В.П. заверяю

Ученый секретарь



О.А. Ананьева