

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора кафедры информатики ФГБОУ ВО Уральского государственного горного университета Зобнина Бориса Борисовича на диссертационную работу Берга Ивана Александровича на тему «Исследование методов трансформации и анализа ИК-тепловизионной видеоинформации о факельном горении газообразного топлива», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь)».

Диссертационная работа И.А. Берга посвящена решению проблемы выявления количественных показателей процесса горения, интерпретируемых с теплотехнической точки зрения и обеспечивающих проведение сравнительного анализа процессов горения факела в различных режимах подачи топлива.

**Актуальность** темы диссертационного исследования обусловлена тем, что вычислить реальные значения локальных температур в выбранных точках ИК-тепловизионного изображения факела, используя известные соотношения для расчета поля температур на поверхности твердых тел по их излучению в ИК-диапазоне электромагнитного спектра, оказывается невозможным, поскольку неизвестны значения коэффициента излучения на поверхности исследуемого объекта.

Тема диссертации соответствует специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь)».

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу состояния вопроса и постановке задач исследования. Обоснована необходимость разработки и исследования методов обработки ИК-тепловизионных изображений факела. Сформулированы задачи исследования.

Вторая глава посвящена исследованию методов обработки информации, полученной при тепловизионной съемке горящего факела при непрерывной подаче топлива в горелочное устройство. Описан разработанный автором измерительный комплекс, обеспечивающий запись ИК-тепловизионных видеопоследовательностей изображений горящего факела.

Третья глава посвящена изложению результатов исследования особенностей процессов факельного сжигания газовой смеси в импульсном режиме подачи топлива.

Новизна полученных диссертантом результатов заключается в следующем:

- обоснован выбор методов анализа ИК-тепловизионных изображений горящего факела, обеспечивающих вычисление количественных показателей, характеризующих процесс горения газообразного топлива;
- подтверждена стационарность во времени определенных количественных показателей процесса горения факела вне зависимости от режима подачи газообразного топлива;
- дано количественное описание отличий процессов горения в непрерывном и импульсном режимах подачи топлива.

Обоснованность правильности решения задач, поставленных в диссертационной работе, подтверждается установленным соответствием между частотно-временными характеристиками временного ряда, вычисляемыми на основе анализа ИК-тепловизионных изображений горящего факела, что позволяет использовать выбранные количественные показатели для контроля процесса горения в реальном времени.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в обосновании возможности трансформации ИК-тепловизионных изображений горящего факела в набор стационарных количественных показателей меньшей размерности.

Основные результаты отражены в пятнадцати научных статьях, из них 11 в изданиях из Перечня ВАК, в том числе включенных в международные

реферативные базы данных. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Thermal oscillations analyzer».

### **По диссертационной работе имеются следующие замечания**

1. В соответствии с целью диссертационной работы интерпретация результатов наблюдения ИК-тепловизионных изображений должна быть направлена, прежде всего, на оценку важнейших теплотехнических показателей, например, зависимости доли выгоревшего топлива по длине факела от коэффициента избытка дутья, т. е. расхода воздуха на единицу топлива. Как известно, при этом доля выгоревшего топлива достигает максимума по длине факела, которую называют ядром факела. Исследования, выполненные, например, А.Б. Кавалеровым, показывают, что отклонения коэффициента избытка дутья от оптимального значения на  $\pm 0.1$  приводит к уменьшению теплового потока от факела на поверхность нагрева до 10%, что приводит к значительному увеличению расхода топлива.

2. Для управления процессом горения газообразного топлива чрезвычайно важны динамические характеристики процесса. Так, при изменении расхода воздуха при постоянном составе топлива максимум температуры факела смещается. При изменении теплотворной способности топлива необходимо рассчитать расход воздуха, обеспечивающий полное сгорание природного газа заданного состава. Тогда исследуемые автором временные ряды на соответствующих частотах позволят построить модели АРПСС, позволяющие решить задачи статистического прогнозирования.

3. Практически на всех графиках отсутствуют размерности переменных, отложенных на осях ординат и абсцисс.

### **Заключение**

Однако, сделанные замечания не отрицают общую положительную оценку выполненной работы. Диссертационная работа **И.А. Берга** «Исследование методов трансформации и анализа ИК-тепловизионной

видеоинформации о факельном горении газообразного топлива» является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне, в котором решена важная научно-техническая задача – разработана методика трансформации ИК-тепловизионных изображений горящего факела в набор стационарных количественных показателей меньшей размерности.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По работе в целом сделаны четкие выводы. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Таким образом, диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, **И.А. Берг**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь).

### **Официальный оппонент**

Зобнин Борис Борисович,

доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры информатики

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Дата «14» апреля 2020 г.

Тел. +7 912 249-86-09

E-mail: zobninbb@mail.ru

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30.

Зобнин Б.Б.

Подпись проф. Б.Б. Зобнина удостоверяю:

Подпись  
удостоверяю  
Начальник отдела  
«14»

