

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**Заграй Ираиды Александровны**

«Методология комплексного исследования характеристик излучения и пирометрирования рабочих сред энергетических установок», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

Диссертационная работа Заграй Ираиды Александровны посвящена важной задаче – уточнению расчетов радиационных тепловых потоков в различных энергетических установках (паровом котле, газогенераторе, ракетных двигателях на твердом и жидком топливах). При этом рассматриваемые продукты горения и сгорания отличаются по количественному и качественному химическому составу газовой и дисперсной фаз, оптическим свойствам и размерам частиц, что необходимо учитывать при расчетах радиационных характеристик (спектральных коэффициентов ослабления, рассеяния и поглощения, индикатрисы рассеяния) и характеристик излучения (тепловых потоков и излучательных способностей) данных систем. Результаты моделирования теплового излучения рабочих сред позволяют решать проблемы эффективного и максимально экологичного сжигания топливных ресурсов. Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике является неотъемлемой частью Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года (распоряжение Правительства от 9 июня 2020 г. № 1523-р). В связи с этим, тематика работы, связанная с комплексным исследованием характеристик излучения и пирометрирования многофазных и многокомпонентных рабочих сред энергетических установок при использовании различных топлив, является **актуальной** и представляет практический интерес.

В настоящее время основным направлением использования торфа остается удовлетворение коммунально-бытовых потребностей в тех регионах, где такой вид топлива экономически выгоден. Наличие в Кировской области крупнейшего в России торфодобывающего предприятия «ВяткаТорф» (доля в торфяном рынке страны – 38%), относительная близость потребителей энергоресурса (ТЭЦ, малые котельные) от мест добычи делают применение торфяного топлива одним из

направлений развития экономики и энергетики региона. В связи с этим, в диссертационной работе основное внимание уделяется комплексному исследованию характеристик излучения рабочих сред при факельном сжигании торфа Кировской области. При переводе котлов БКЗ-210-140Ф с угля на торф происходит изменение процессов горения и теплообмена внутри установки, которые определяются новыми теплофизическими свойствами продуктов сгорания. Сжигание торфа в неподходящих температурных режимах вызывает образование оксидов азота, а также активное размягчение минеральной составляющей твердых частиц, что влечет активизацию шлакования в топке и приводит к недожогу.

В работе Заграй И.А. проведен выбор методик и получены результаты исследования химического состава торфа и золы торфа, оптических свойств и дисперсности частиц золы и шлака, плавкостных свойств золы, величины физического недожога торфа, сжигаемого в паровом котле БКЗ-210-140Ф. На основании исходных данных по торфу и литературных данных по углю, с помощью разработанного комплекса «Spektr», реализовано математическое моделирование процесса переноса энергии теплового излучения с получением характеристик излучения рабочих сред. На основе анализа спектров излучения рабочих сред автором предложен новый оригинальный подход экспериментально-расчетного определения излучательной способности, устанавливаемой на яркостных пирометрах, который позволил измерить отдельно температуру газовой фазы в полосе излучения  $\text{CO}_2$  и температуру частиц конденсированной фазы в полосе прозрачности газовой фазы. Разработанная методика пирометрирования позволяет поддерживать оптимальный температурный режим для наибольшей эффективности сжигания топлива (снижение шлакования топки и недожога) и обеспечения экологичности работающей энергоустановки (минимизация выбросов  $\text{NO}_x$ ).

Создание методологии комплексного исследования характеристик излучения многофазных и многокомпонентных рабочих сред, универсальной для различных энергетических установок (паровой котел, ЖРД, РДТТ, газогенератор) при разных режимах их работы, является **научной новизной** работы. В ходе работы установлено влияние определяющих факторов и параметров на радиационные характеристики и характеристики излучения рабочих сред, что позволяет вести

пирометрический контроль с помощью современных оптических приборов (пирометров, тепловизоров) с учетом рабочих спектральных интервалов.

С учетом вышесказанного **практическая значимость** диссертационной работы Заграй И.А. не вызывает сомнений. Предложенная методология комплексного исследования характеристик излучения позволяет планировать физический эксперимент, решать обратные задачи переноса энергии излучения, в результате которых получать недостающие по оптическим свойствам и дисперсности данные, что дает возможность сократить значительное количество дорогостоящих физических экспериментов.

**Результаты работы могут быть использованы** при разработке и эксплуатации энерготехнологических агрегатов, ракетных двигателей в различных НИИ, КБ и других проектно-эксплуатационных организациях, а также в учебно-образовательном процессе. Результаты работы, относящиеся к химическому составу торфа Кировской области, размерам частиц и плавкостным свойствам золы торфа (температуры деформации, сферы, полусферы, растекания) дополняют и расширяют существующие справочные данные по энергетическим топливам Российской Федерации.

Степень **достоверности** работы подтверждается сопоставимостью полученных результатов исследований с литературными расчетными и экспериментальными данными.

Автором проделан большой объем экспериментально-теоретической работы, результаты представляют несомненный научный и практический интерес. Автор продемонстрировал высокую квалификацию в своей области, владение математическим аппаратом, экспериментальными методами исследованиями и современными вычислительными средствами, умение самостоятельно проводить серьезные научные исследования и грамотно и аккуратно оформлять их результаты.

По автореферату имеются замечания:

1. В таблице 3 приведен химический состав золы торфа в оксидной форме. Кроме оксидов в состав минеральной части могут входить и другие соединения (сульфиды, карбонаты, сульфаты и т.д.).

2. В автореферате не указаны допущения при разработке расчетной модели излучения рабочих сред.

На основании автореферата можно сделать вывод, что диссертация является научно-квалификационной работой, носит законченный характер и отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Заграй Ираида Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

«08» ноября 2024 г.

Доктор технических наук (05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»),  
старший научный сотрудник,  
заведующий отделением парогенераторов  
и топочных устройств  
АО «ВТИ»

Тугов Андрей Николаевич

Акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт»

Адрес: Российская Федерация, 115280, г. Москва, 3-й Автозаводский проезд, д. 4, корп. 1

Телефоны: (495) 137-77-70; +7 (495) 646-41-44

Сайт: <https://vti.ru>

E-mail: [vti@vti.ru](mailto:vti@vti.ru)

Подпись Тугова А.Н. удостоверяю:  
Генеральный директор АО «ВТИ»

Мартынов В.В.