

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИТ СО РАН)

**РЕФЕРАТ - ПРЕЗЕНТАЦИЯ**

**Разработка и внедрение инновационных научно-технических решений для  
повышения энергоэффективности и экологической безопасности технологий  
сжигания органического топлива**

№	Ф.И.О. авторов, ученые степени и звания, должности по основному месту работы
1.	<b>Ануфриев Игорь Сергеевич</b> , доктор технических наук, заведующий лабораторией радиационного теплообмена, ведущий научный сотрудник ИТ СО РАН (руководитель работы);
2.	<b>Бутаков Евгений Борисович</b> , кандидат технических наук, научный сотрудник, ИТ СО РАН;
3.	<b>Копьев Евгений Павлович</b> , кандидат технических наук, младший научный сотрудник, ИТ СО РАН;
4.	<b>Цепенюк Алексей Иванович</b> , кандидат технических наук, генеральный директор ООО «ЗиО-КОТЭС» (г. Новосибирск);
5.	<b>Шадрин Евгений Юрьевич</b> , младший научный сотрудник, ИТ СО РАН.

Коллектив представляет комплексную научно-исследовательскую и практическую работу по созданию инновационных научно-технических решений, существенно повысивших эффективность и экологическую безопасность теплоэнергетических технологий, основанных на горении твердого, жидкого и газообразного топлива и их внедрению на предприятиях топливно-энергетического комплекса и энергетического машиностроения, в научно-исследовательских институтах и организациях высшего образования в России и за рубежом.

Работа соответствует приоритетному направлению модернизации российской экономики «Энергоэффективность и ресурсосбережение», приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», «Рациональное природопользование».

Авторским коллективом успешно выполнен цикл фундаментальных научных исследований процессов горения, отличающихся мультидисциплинарностью подходов и использованием самых передовых экспериментальных и численных методов. Получены новые значимые результаты в теплоэнергетике, механике реагирующих сред и теплофизике. Результаты превосходят мировой научный уровень и обеспечили новый уровень знаний физико-химических процессов при горении органических топлив и методов управления процессами сжигания топлива.

На основе полученных научных результатов впервые разработаны и внедрены особо актуальные для России инновационные теплоэнергетические технологии энергоэффективного и экологически безопасного сжигания и управления горением твердого, жидкого и газообразного топлива.

Спроектированы и внедрены на множестве теплоэнергетических объектов крупных российских (ООО «Сибирская генерирующая компания», ПАО «ОГК-2», ПАО «Лукойл», ПАО «Интер РАО», ПАО «Иркутскэнерго», ПАО «Энел Россия») и зарубежных (ТОО «ERG», АО «Самрук-Энерго», АО «АлЭС» (Казахстан), ТЭЦ «Дархан» (Монголия)) компаний, **инновационные факельные системы одно- и двухступенчатого низкоэмиссионного сжигания с горелочными устройствами для пылеугольных (рис.1, 2а) и газомазутных котлов (рис.2б, в).** Организация стадийного подвода окислителя к топливу обеспечила оптимальную концентрацию

окислителя в зоне воспламенения и выхода летучих веществ (для угля), и существенно снизила генерацию топливных оксидов азота. Стабильность факела при недостатке кислорода в горелках впервые реализована за счет оригинальных выходных турбулизирующих элементов.

Применение современных вычислительных кодов на основе CFD-моделирования снизило в 10 раз затраты на разработку и проектирование топочного оборудования (АО «Подольский машиностроительный завод»). Достигнуто снижение токсичных выбросов оксидов азота  $\text{NO}_x$  и монооксида углерода  $\text{CO}$  на 20-50%, повышена эффективность топочных процессов (полнота выгорания топлива на 1-3%) и эксплуатационная нагрузка угольных котлов ТЭЦ и ГРЭС на 5-10%. **Экономический эффект** за счет повышения технико-экономических показателей (КПД котлов, затрат электроэнергии на собственные нужды) и затрат на восстановление экологической инфраструктуры, в течении 9 лет **составил более 30 млрд. рублей.**

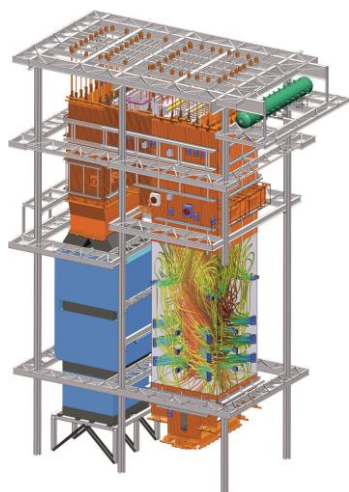


(а)

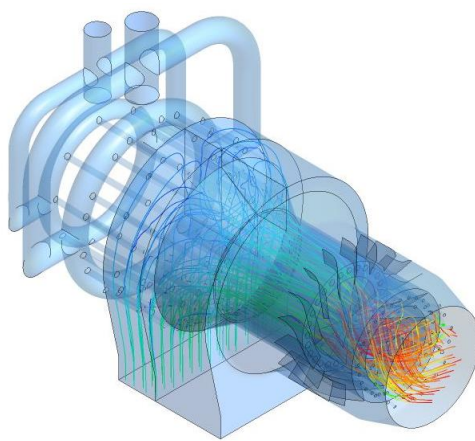


(б)

**Рис.1.** (а) Факельная вихревая низкоэмиссионная горелка с турбулизаторами (ТЭЦ г. Дархан, Монголия); (б) Приморская ТЭС с технологией двухступенчатого факельного сжигания пылеугольного топлива по тангенциальной схеме (ПАО «Интер РАО», г. Светлый)



(а)



(б)

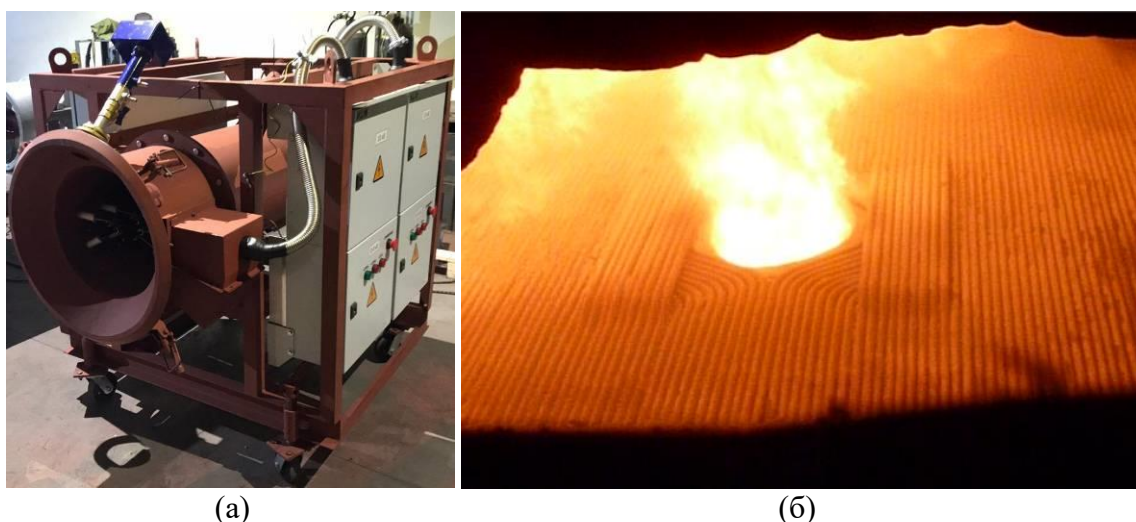


(в)

**Рис.2.** Модель котла Е-240-13,8-560КТ; (б) CFD-моделирование аэродинамики в вихревой газомазутной горелке; (в) мазутный факел в паровом котле с двухступенчатой схемой сжигания

Разработаны и внедрены **технологии сжигания непроектных топлив** или **технологии «топливной гибкости»** на котельных установках ТП-80, ТП-81, ТПЕ-214, ПК-38, БКЗ-320 на ТЭЦ и ГРЭС (ООО «Сибирская генерирующая компания», ПАО «Иркутскэнерго»). На основе выполненных специализированных теплогидравлических, балансовых и аэродинамических расчетов котла и горелочных устройств, CFD-моделирования топочных процессов и экспериментально-наладочных работ определены технические решения и мероприятия по адаптации существующих котлов к различным маркам угля. Обеспечено снижение затрат на топливную составляющую, а также выбросы оксидов серы  $SO_x$ . **Совокупный экономический эффект** в течении 11 лет **составил более 15 млрд.рублей.**

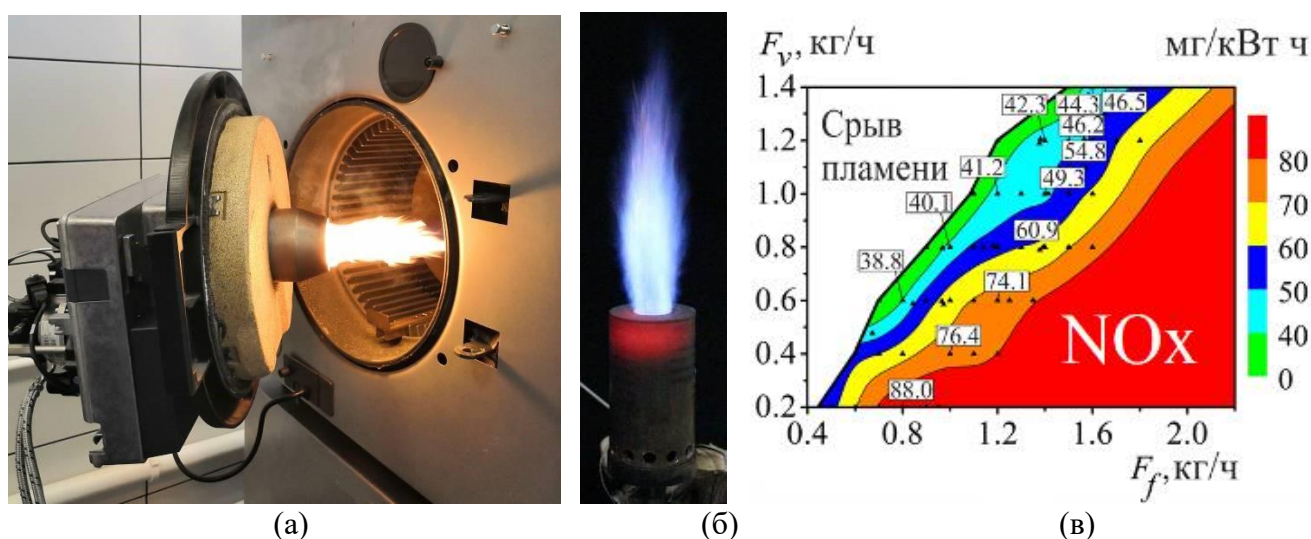
Впервые создана и внедрена **технология безмазутного розжига пылеугольных котлов на основе пусковых горелок с электрохимическим воспламенением топлива** (рис.3). Прямое воспламенение угольного топлива осуществляется плазменным разрядом до выхода факела в топку, за счет этого существенно уменьшены затраты на газ и мазут при традиционном воспламенении. Затраты ТЭС на дорогостоящий мазут снижены в 5-10 раз (ПАО «Иркутскэнерго»).



**Рис.3.** Технология безмазутного розжига пылеугольных котлов с установкой пусковых горелок с электрохимическим воспламенением топлива: (а) пусковая горелка для котла 270 т/ч в комплекте с электротехническим оборудованием (Иркутская ТЭЦ-10, г. Ангарск); (б) факел пусковой пылеугольной горелки в котле 210 т/ч (Иркутская ТЭЦ-10, г. Ангарск)



Впервые предложен и реализован перспективный способ экологически безопасного сжигания некондиционных жидких углеводородов в горелочном устройстве с распылением струей перегретого водяного пара (рис.4). Разработаны и созданы оригинальные жидкотопливные горелочные устройства, эффективно утилизирующие загрязненное топливо и отходы, полностью соответствующие европейскому экологическому нормативу EN:267. **Снижена угроза техногенного загрязнения окружающей среды (по NOx в 5 раз, по CO в 11 раз) и затраты на производство тепловой энергии при утилизации некондиционных жидких углеводородов и горючих отходов (ООО «ЗиО-КОТЭС»).**



**Рис.4.** (а) Котельная установка для экологически безопасного сжигания жидких горючих отходов (ИТ СО РАН); (б) горение дизельного топлива в струе водяного пара; (в) карта концентраций оксидов азота в продуктах сгорания в опытной горелке 20 кВт (лабораторный эксперимент)

Разработана и внедрена энергоэффективная технология **факельного сжигания и газификации углей и отходов их переработки в энергетических котлах с механо- и плазмохимической активацией** применительно к энергетике и получению топливного газа (рис.5). Решена крупная энергетическая проблема по замене на тепловых электрических станциях вспомогательного дорогостоящего жидкого топлива для растопки и подсветки котлов на высокореакционное пылеугольное топливо, прошедшее механо- и плазмохимическую обработку. **В 6 раз снижены расходы на растопку и подсветку пылеугольных котлов и затраты на производство тепловой и электрической энергии по сравнению с традиционными способами («ВТИ», «Сибтехэнерго», «СКБ Сибэлектротерм», «Бонэр-ВТ»).**



**Рис.5.** (а) Плазмохимическая активация угля (АО «Сибтехэнерго», г. Новосибирск); (б) Опытно-промышленный стенд для отработки технологии сжигания угольного топлива с использованием механо- и плазмохимической активации (5 МВт), ИТ СО РАН.

Все представленные результаты получены до 1 января 2020 года.

Созданные наукоемкие системы и технологии соответствуют национальным научно-технологическим приоритетам в части решения актуальных задач повышения эффективности энергетических технологий. Они имеют импортозамещающее значение и по многим параметрам превосходят лучшие мировые образцы. Результаты работы представлены в более чем 100 журнальных статьях (из них 76 WoS и 9 Q1), 31 патенте, получили поддержку 33 грантов (в том числе престижную награду «Энергия молодости» Международной премии «Глобальная энергия»), отмечены 48 наградами международных и отечественных конкурсов и выставок.

Авторами получено 14 справок о внедрении, экономический эффект от внедрения результатов работы молодежного коллектива составляет **более 45 млрд. рублей.**