

РЕФЕРАТ-ПРЕЗЕНТАЦИЯ

работы «Разработка научных основ, создание и внедрение оптико-информационных методов, систем и технологий бесконтактной диагностики динамических процессов для повышения эффективности и безопасности в энергетике, промышленности и на транспорте».

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

Авторский коллектив

1. *Маркович Дмитрий Маркович*, д.ф.-м.н., профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заместитель директора, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск, - руководитель работы.
2. *Бильский Артур Валерьевич*, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск.
3. *Меледин Владимир Генриевич*, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск.
4. *Наумов Игорь Владимирович*, д.т.н., доцент, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск.
5. *Борзов Сергей Михайлович*, к.т.н., заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск.
6. *Потатуркин Олег Иосифович*, д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск;
7. *Чузуй Юрий Васильевич*, д.т.н., профессор, директор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук (КТИ НП СО РАН), г. Новосибирск.
8. *Целько Александр Витальевич*, вице-президент, Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), г. Москва.
9. *Плотников Сергей Васильевич*, к.т.н., директор, Общество с ограниченной ответственностью «Сибирский центр транспортных технологий» (ООО «ЦТТ»), г. Новосибирск.
10. *Пылев Игорь Михайлович* – к.т.н., заместитель главного конструктора по расчетно-экспериментальным работам СКБ «Гидротурбомаш», Открытое акционерное общество «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт», г. Санкт-Петербург.

Комплексная научно-исследовательская и практическая работа по разработке научных основ оптико-информационных методов бесконтактной диагностики динамических процессов и объектов, созданию на этой базе уникальных измерительных систем и технологий прорывного характера и их внедрению в реальном секторе экономики – на предприятиях топливно-энергетического комплекса, в промышленности, на транспорте, а также в научных и образовательных организациях.

Работа соответствует приоритетному направлению модернизации российской экономики «Энергоэффективность и ресурсосбережение», утвержденному Советом при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России, приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», «Информационно-телекоммуникационные системы», «Транспортные и космические системы», а также перечню технологий, имеющих важное социально-экономическое значение или важное значение для обороны страны и безопасности государства (критических технологий) «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии», «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе», «Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем», «Технологии компьютерного моделирования технически сложных изделий и систем, а также объектов промышленной инфраструктуры», «Технологии контроля и оперативной диагностики состояния технически сложных объектов», «Технологии информационных, управляющих, навигационных систем», «Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения», утвержденному Указом Президента РФ от 07 июля 2011 года № 899 и распоряжением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. №1273-р.

Авторским коллективом разработаны научные основы оптико-информационных методов, систем и технологий бесконтактной диагностики динамических процессов в энергетике, промышленности и на транспорте. Развита методика измерения полей физических величин в многофазных потоках, методы дистанционной диагностики параметров пламен, методы контроля геометрических параметров движущихся трёхмерных объектов.

Развита современные бесконтактные методы измерения и контроля векторных полей скорости в потоке на основе анализа изображений частиц-трассеров и на принципах лазерной доплеровской анемометрии. Разработаны современные методы измерения полей скорости в объеме потока, в том числе в турбулентных пламенах, интерференционные и лазерно-индуцированно флуоресцентные методы диагностики мгновенных полей температуры в среде, полей концентрации, размеров и скоростей дисперсной фазы в газожидкостных потоках, полей толщин слоев жидкости и др.

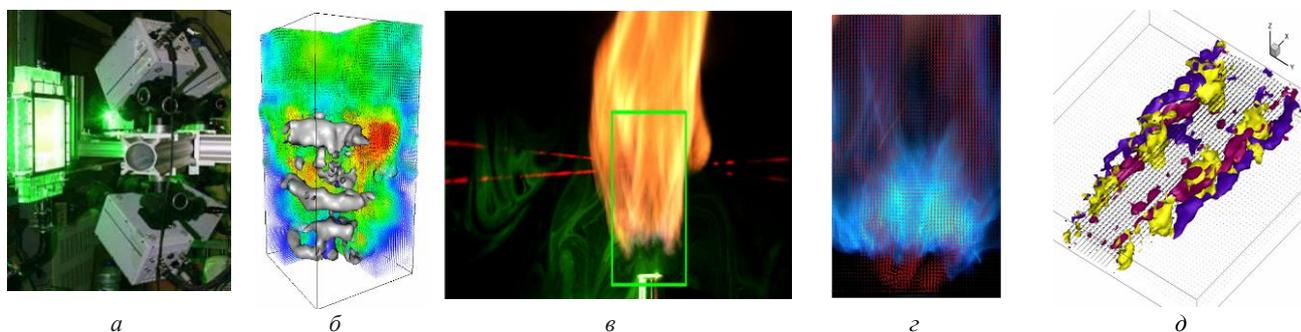


Рис. 1. Метод измерения скорости на принципах анемометрии по изображениям частиц. Томографическая PIV система (а) и результат измерения мгновенного распределения скорости потока (б) при распространении турбулентной струи в зазоре (модель течения нефти в пластах). Результат томографического измерения объемного распределения скорости в модели вихревой газовой горелки (в), визуализация пламени (г) и измеренное распределение скорости потока в пламени (д)

В рамках частно-государственного партнерства создана линейка современных программно-аппаратных комплексов измерения полей физических величин в газожидкостных многофазных потоках «ПОЛИС» и «ЛАД-0». В период выполнения работы, с 2000 по 2013 гг. системы внедрены более чем на 40 предприятиях и в научно-образовательных учреждениях, они используются в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, в том числе для повышения эффективности и безопасности на объектах гидроэнергетики, космических и транспортных систем. Результаты широкого применения и отзывы пользователей подтверждают высокий технический уровень, не уступающий лучшим иностранным аналогам.

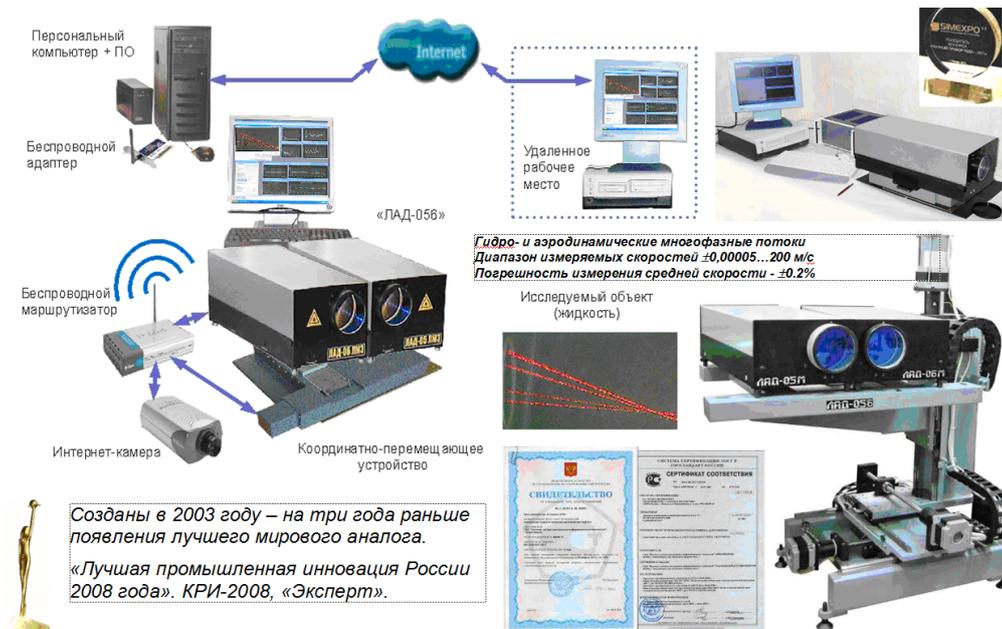


Рис. 2 Импортозамещающие оптико-информационные лазерные измерительные системы ПОЛИС и ЛАД-0** (PIV, LDSA, 2000-2013)

Впервые создана информационная система непрерывного дистанционного мониторинга геометрии нагруженных роторов сверхмощных энергоагрегатов на основе полупроводниковых лазерных лидаров и сверхбыстродействующих лазерных датчиков положения (ОАО «Русгидро», Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожнего).

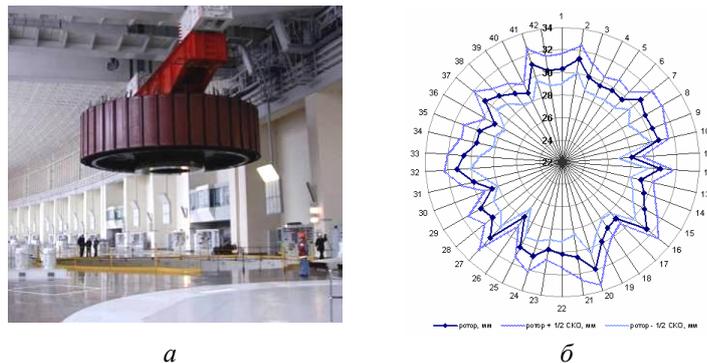


Рис. 3 Ротор (а) диагностируемого сверхмощного гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС под полной нагрузкой (диаметр ротора 14 метров, вес - 750 тонн, скорость 100 м/с), диаграмма отклонения полюсов (б).

Впервые разработаны, созданы и внедрены лазерные информационно-измерительные системы для учета и технологического контроля горячего и холодного проката в металлургии, имеющих класс точности до тысячных долей процента в условиях горячего цеха. Затраты на внедрение лазерной диагностики горячего проката на крупнейшем предприятии отрасли на Нижнетагильском металлургическом комбинате окупались за 5 дней использования. Системы работают в металлургии более 20 лет.

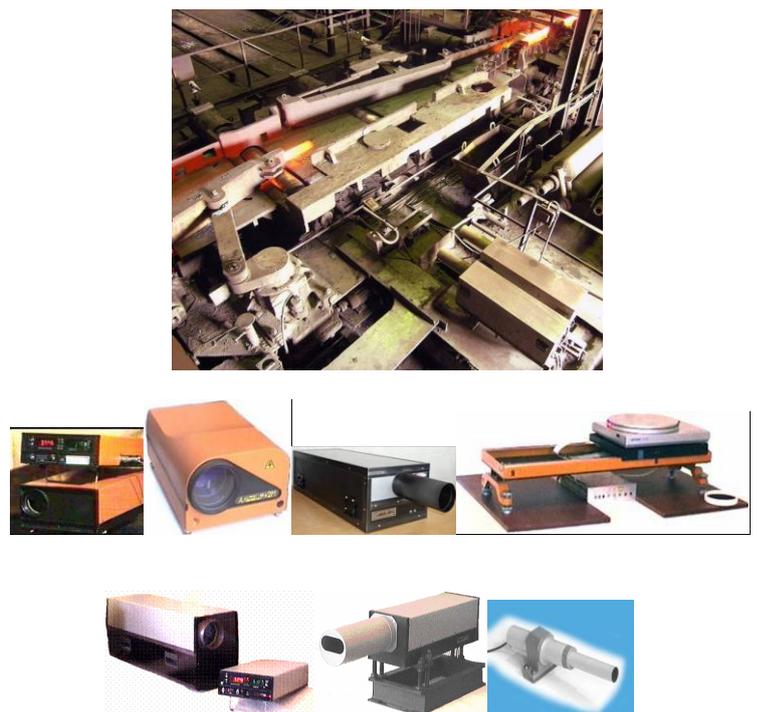


Рис. 4. Лазерный измерительный комплекс ЛИ-803М в цехе прокатки широкополочных балок на НТМК (1 500 000 тонн стали в год). Созданные системы для металлургии: Алтаир; Алтаир-М; ЛАД - 0М2 (2011); калибратор технологических систем; ЛИ-803М; лазерный фоторелейный барьер ЛФРБ-4; фоторелейный барьер ЛФРБ-4

Дистанционная диагностика высокотемпературных процессов: методы, аппаратура, программное обеспечение. В результате исследований процессов однофакельного и многофакельного сжигания газообразных углеводородов в условиях реального теплоэнергетического производства установлены основные закономерности изменения параметров излучения пламени и компонентного состава уходящих газов при изменении режимов горения.

Предложена методика селективной (по факелам) диагностики режимов горения, основанная на измерении спектральных, пространственных, температурных и частотных характеристик излучения пламени, концентрации кислорода и водорода в уходящих газах и совместной обработки полученных данных с учетом конструктивных особенностей энергоблоков.

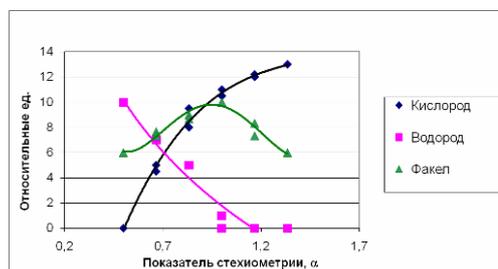


Рис. 5. Диагностика процесса сжигания газового топлива

- Система предназначена для:
- исследования многофазных реагирующих потоков;
 - развития технологий низкоэмиссионного сжигания углеводородных топлив;
 - селективного (по факелам) контроля основных режимов горения;
 - селективной оценки эффективности сжигания топлива;
 - контроля выбросов в уходящих газах;
 - формирования управляющих сигналов для автоматизированной системы защит и т.п.



Рис. 6. Многоспектральные (УФ, видимый, ИК) датчики и газоанализаторы системы

- Система обеспечивает:
- эффективное решение задач экономии топлива, предотвращения токсичных выбросов, пожаровзрывобезопасности в энергетических установках за счет оптимального и оперативного управления процессами горения.

Созданная аппаратура доведена до практического применения и в различной конфигурации успешно внедрена на предприятиях топливно-энергетического комплекса Западно-Сибирского региона (в т.ч. на Сургутской ГРЭС-1, Уренгойской ГРЭС, ТС 1 ННЦ СО РАН, ДГУЭПП «Промтехэнерго») и в научных организациях страны.

В области фундаментальной метрологии и обеспечения единства средств измерений авторами успешно выполнена разработка и созданы оптико-информационные средства прецизионной лазерной диагностики первичного Государственного специального эталона единицы скорости воздушного потока России ГЭТ-150-2012 (ВНИИМ, г.Санкт-Петербург) на основе методов прецизионной полупроводниковой лазерной доплеровской анемометрии. Уровень выполненных авторами работ подтвержден 11-месячными международными ключевыми сличениями национальных эталонов единицы скорости воздушного потока CIRM CCM-FF-K3, в которых принимали участие первичные эталоны шести стран - Японии, Кореи, России, Сингапура, США и Тайваня. Результаты международных сличений доказали, что обновленный Государственный первичный эталон России вышел на лидирующие позиции в мире.



Рис. 7 Первичный Государственный специальный эталон единицы скорости воздушного потока России ГЭТ-150-2012 (ВНИИМ, г. Санкт-Петербург).

Впервые разработан метод бесконтактного контроля геометрии движущихся 3D-объектов на основе сверхбыстродействующих лазерных дальномеров – датчиков триангуляционного типа (100 тыс. измерений в секунду, 2001 г.). Впервые разработаны методы обработки измерительной информации и программно-аппаратные средства, обеспечившие высокую достоверность и надёжность измерений в условиях интенсивных атмосферных и промышленных помех (подтверждаемость измерений (в зимнее время до 90%, а в летнее – до 100 %)).

На этой базе созданы и широко внедрены уникальные всепогодные ($\pm 50^\circ \text{C}$) оптико-информационные лазерные системы «Комплекс» для автоматического бесконтактного контроля 15 геометрических параметров колесных пар грузовых вагонов при движении поезда со скоростью до 60 км/ч на всех железных дорогах России и зарубежья.

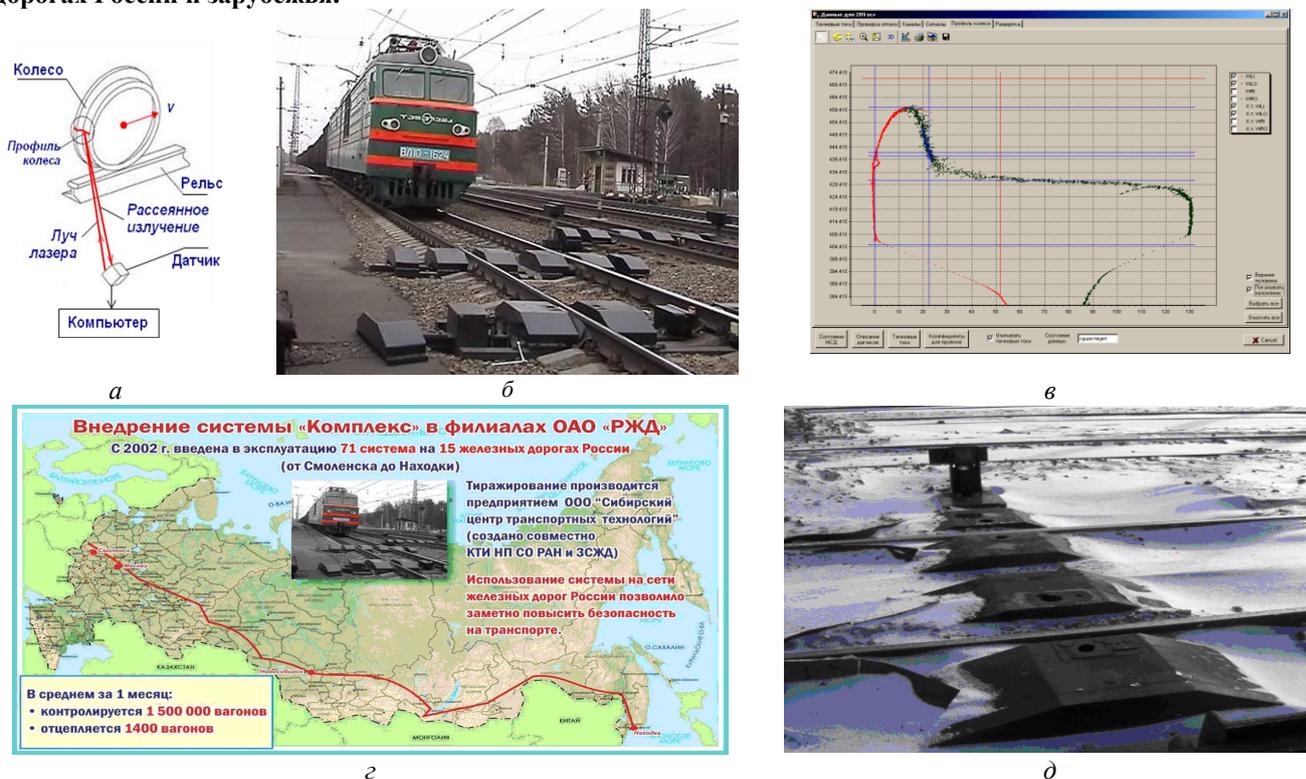


Рис. 8 Оптико-информационная диагностическая система «КОМПЛЕКС», широко внедренная и обеспечившая надёжный бесконтактный контроль до 15 геометрических параметров колёсных пар грузовых вагонов на полном ходу поезда в климатических условиях России: метод контроля профиля колеса (а); система «Комплекс» в работе (б); восстановленное поперечное сечение колеса (в); широта внедрения системы (г); способность, в отличие от лучших зарубежных аналогов, работать при $\pm 50^\circ \text{C}$ в реальных климатических условиях России (д).

Более 10 лет диагностические системы «КОМПЛЕКС» успешно эксплуатируются на сети железных дорог России в качестве штатного средства контроля геометрии колёсных пар. С 2002 года на всех железных дорогах России (от Смоленска до Находки) внедрена 71 система с наращиванием программы их внедрения. Предотвращая аварии и обеспечивая безопасность перевозок, системы «КОМПЛЕКС» контролируют геометрию колёсных пар 60 млн. вагонов в год, причем отцепляется для проверки и ремонта до 30 тыс. вагонов в год.

Экономический эффект от её внедрения в ОАО «РЖД» составил около 10 млрд. руб.

Созданные наукоемкие импортозамещающие системы и технологии успешно используются в различных отраслях экономики, соответствуют мировому уровню исследований и разработок, а также глобальной конкурентоспособности Российской Федерации на направлениях, определенных национальными научно-технологическими приоритетами. По ряду параметров (точность, функциональность, требования к квалификации персонала, научно-техническое сопровождение) созданные диагностические оптико-информационные системы превосходят лучшие мировые аналоги.

Все представленные результаты получены до 31 марта 2013 года.

Результаты работы представлены в 15 монографиях и главах в монографиях, 74 патентах, в том числе в 25 зарубежных, в 108 научных статьях в рецензируемых изданиях, награждены 19 медалями и 24 дипломами международных и отечественных конкурсов и выставок.

Авторами работы получено 50 актов внедрения, экономический эффект от внедрения результатов работы составил более 19 млрд. рублей.