

ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ

М. В. НАУМОВА



Работы, ориентированные на дистанционную диагностику процессов горения, в Институте автоматики и электрометрии СО РАН ведутся более десяти лет. Эту тематику поставил и стал развивать в Институте д.т.н. О.И. Потатуркин.

В 90-е гг. в результате конверсии многие научно-исследовательские институты оказались в сложном положении: государственный оборонный заказ существенно снизился, ученым необходимо было искать новые перспективные направления исследований и последующих внедрений. В более выгодной ситуации в это время находился топливно-энергетический комплекс страны, где одна из насущных проблем заключалась в автоматизации процессов горения на основе их дистанционной диагностики. Актуальность этой проблемы связана с решением задач экономии топлива, предотвращения токсичных выбросов, обеспечения пожаро- и взрывобезопасности энергоблоков тепловых электростанций. Поскольку к тому времени в энергетике не было готовых научно-технических решений, основанных на результатах оптико-физических исследований и ориентированных на обеспечение достоверной диагностики процессов горения, в 1992 г. О.И. Потатуркин совместно с А.С. Зензиным (КТИ Вычислительной техники СО РАН) инициировал работу в этом направлении в рамках Сибирского НИИ оптических систем

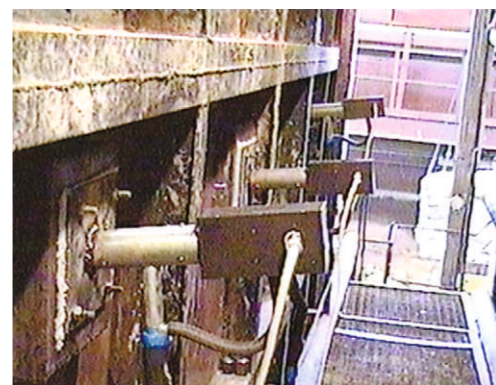
(при поддержке директора И.С. Гибина).

В 1993 г. О.И. Потатуркин с коллегами продолжил работу по данной тематике в ИАиЭ СО РАН, специально организовав в Институте новую лабораторию технического зрения. В дальнейшем она была переименована в лабораторию физико-технических проблем дистанционной диагностики, поскольку это название более соответствовало основному направлению работ. Первыми сотрудниками стали В.Д. Анцыгин, Н.Н. Шушков, Б.Е. Кривенков, а затем В.И. Козик и С.М. Борзов. Трудно переоценить роль в становлении и проведении работ по данной тематике директора Института чл.-кор. РАН С.Т. Васькова.

Деятельность лаборатории началась с проведения физических исследований процессов горения и спектральных свойств пламени. Совместно с КТИ ВТ СО РАН были начаты работы по созданию АСУ тепловых электростанций по заказу ОАО «Тюменьэнерго» - одного из крупнейших энергетических комплексов России. Это плодотворное сотрудничество началось с работ на Уренгойской ГРЭС, строительство которой планировалось, прежде всего, для транспортировки с Севера электроэнергии, а не природного газа, в качестве энергоносителя. Огромное преимущество этого заказа состояло в том, что руководство будущей станции (в первую очередь главный инженер, а затем директор Уренгойской ГРЭС С.А. Гаврилюк) предоставило широкие возможности для апробации и комплексной реализации новых идей. С этой целью в лаборатории была создана экспериментальная база, арендовано оборудование, сотрудники начали проводить исследования. В результате были установлены



С.М. Борзов и Н.Н. Шушков осуществляют монтаж датчика факела на ПР ТЭЦ Уренгойской ГРЭС.



Датчики факела на энергоблоке ПР ТЭЦ Уренгойской ГРЭС.



Испытания аппаратуры на ПР ТЭЦ Уренгойской ГРЭС.



Вид на строящуюся Уренгойскую ГРЭС.

закономерности трансформации оптических свойств пламени и наиболее информативные системы признаков, по которым определялись основные режимы горения. В дальнейшем была разработана и создана оптико-электронная аппаратура, способная селективно осуществлять диагностику факела каждой горелки энергоблока, определяя качество и режим горения по состоянию пламени (его интенсивности, спектральному составу, пульсациям). Кроме того, созданное оборудование позволило обеспечить автоматическое прерывание подачи газового топлива при срыве пламени. Первые образцы были установлены на ПР ТЭЦ Уренгойской ГРЭС в 1996 г. Несмотря на тяжелые условия эксплуатации приборов (высокая температура, сильные вибрации, электрические наводки и т.п.), аппаратура проработала успешно. Промышленная апробация показала стабильность технических характеристик и высокую надежность оборудования в течение нескольких лет работы.

Хотя в тот период существовали значительные проблемы с оплатой (взаимозачеты, нерегулярное финансирование, инфляция), работа в Уренгое оказала благотворное воздействие на жизнь и дальнейшую судьбу лаборатории. Была поставлена и развита перспективная тематика (как с точки зрения исследований, так и внедрений). В процессе работы были решены существенные проблемы по оптической спектроскопии пламени, получены значимые научные результаты, разработана, создана и испытана работоспособная и надежная аппаратура. У лаборатории появился серьезный опыт работы с крупным Заказчиком. До сих пор живы воспоминания о командировках за Полярный круг, где сотрудники лаборатории на личном опыте познакомились с уникальными климатическими условиями и природой Крайнего Севера, спецификой жизни и работы людей. Очень сложно было поверить в то, что даже в близлежащий магазин не всегда желательнее ходить пешком, как и в то, что в качестве головного убора может быть недостаточно вязаной шапочки.

К сожалению, в конце 90-х гг. строительство Уренгойской ГРЭС законсервировалось, и, хотя новая аппаратура была поставлена и введена в опытную эксплуатацию, работа там подошла к логическому концу. Тем не менее в лаборатории произошло дальнейшее развитие тематики, связанной с диагностикой процессов горения.

После того как разработанная аппаратура хорошо зарекомендовала себя в Уренгое, в рамках ОАО «Тюменьэнерго» было предложено продолжить работу на Сургутской ГРЭС-1, являющейся одной из крупнейших тепловых электростанций в мире.

В Сургуте были поставлены более сложные и интересные задачи. Непосредственно от диагностики пламени произошел переход дополнительно к анализу состава газовой смеси (в частности, определение концентрации кислорода, водорода, окислов углерода, азота, серы). Обусловлено это было необходимостью обеспечения экологической безопасности, поскольку в те годы начали штрафовать руководство станции за токсичные выбросы



Сургутская ГРЭС-1.



Н.Н. Шушков и О.И. Потатуркин на Сургутской ГРЭС-1.

в атмосферу. В конечном итоге была разработана и создана аппаратура для решения задачи беспроботборного анализа состава уходящих газов: твердоэлектролитный газоанализатор кислорода и МДП-емкостной газоанализатор водорода. Благодаря этому был реализован переход на двухэтапную диагностику процессов горения сначала в целом по котлу (измерение концентрации компонент уходящих газов), а затем селективно по каждой горелке (анализ оптических характеристик пламени). На основе разработанных приборов создан комплекс дистанционной диагностики процессов горения, фактически представляющий собой локальную систему, которая может интегрироваться в общую систему автоматизированного управления котлоагрегата и/или станции в целом. Действие комплекса в интерактивном режиме заключается в передаче информации о режимах работы каждой горелки и о концентрации измеряемых компонент на монитор оператора в виде специального мнемотабло. После получения информации и принятия соответствующего решения оператор может изменить режим горения, после чего комплекс обеспечивает диагностику результатов этих действий. Таким образом, деятельность лаборатории начала ориентироваться не только на определение качества и режимов горения, но и на оптимизацию процессов горения с целью экономии газового топлива и экологической безопасности.

В 2002 г. разработанные газоанализаторы прошли сертификацию в Госстандарте России, были зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений и получили разрешение на применение. К 2004 г. на Сургутскую ГРЭС-1 была осуществлена поставка трех комплексов на три энергоблока, где они успешно работают до сих пор. Большую помощь в проведении работ на Сургутской ГРЭС-1 оказали сотрудники станции (в первую очередь, О.Д. Селиванов, В.Н. Ершов, В.И. Зюляркин, С.К. Мандалака).

За этот период сотрудники получили практические знания о функционировании современных больших теплоэлектростанций. Могли ли они до этого представить себе котел высотой 72 м и огромный цех, по которому служащим приходится ездить на велосипедах? Столкнувшись с необходимостью работать в таком огромном пространстве, сотрудникам лаборатории пришлось выработать свою систему сигналов для оперативной передачи информации друг другу, что сделало работу на станции еще более увлекательной.

Поставка приборов в Сургут не обходилась без казусов и приключений: настраивая аппаратуру, сотрудникам из-за нехватки времени приходилось ночевать на работе, а при перевозке оборудования часть группы однажды при пересадке в Тюмени отстала от поезда и затем столкнулась с серьезной проблемой уговорить начальника следующего поезда взять пассажиров без билетов, но с огромным багажом. Без капризов природы здесь также не обошлось: приехав в Сургут из суровой уренгойской зимы в очень теплой одежде, сотрудники неожиданно встретились с начавшейся весной. Приходилось сталкиваться и с «капризами» коммунального хозяйства.

В настоящее время, несмотря на постоянные реорганизации в РАО «ЕЭС», в Сургуте постоянно проводятся техническое обслуживание и модернизация поставленного оборудования. С руководством и сотрудниками станции сложились очень теплые отношения, поэтому ежеквартальные командировки в Сургут считаются не тяжелой повинностью, а, скорее, долгожданным поощрением.

С 2004 г. у лаборатории снова появилась возможность реализации комплексного подхода при создании общей системы дистанционной диагностики и автоматизированного управления на энергетическом объекте. В рамках Программы «Энергосбережение СО



Датчики комплекса дистанционной диагностики процессов горения.

РАН» ИАиЭ совместно с КТИ ВТ (лаборатории В.В. Гаркуши, Б.Н. Пищика) разрабатывают, изготавливают и запускают АСУ ТП для малых котлов на ТС 1 ГУП «УЭВ СО РАН». Теперь эта тепловая станция используется, в том числе, и в качестве основного полигона для проведения исследований и испытаний в промышленных условиях. Преимущество данной работы заключается еще и в возможности разработки и оперативного исследования новых методов и создаваемой аппаратуры на близкой территории, а также изучения специфики малых котлов, типичных и широко распространенных по всей России. В рамках проведенных работ удалось не только автоматизировать диагностику процессов горения на тепловой станции, но и впервые создать демонстрационную зону в виде исследовательских стендов на реальном энергетическом производстве. Успешному выполнению этих задач во многом способствовала активная поддержка от Научно-координационного совета по Программе «Энергосбережение СО РАН» (чл.-кор. РАН С.В. Алексеенко, А.Ф. Серов, Г.В. Чернова), а также со стороны ГУП «УЭВ СО РАН» (В.П. Михеев, В.И. Запорожченко, Г.Г. Уманцева) и непосредственно ТС-1 (А.Д. Котов, Н.Г. Андреев, С.Н. Осипов, А.Г. Божнев, В.Ф. Шабунин).

В настоящее время в лаборатории 20 сотрудников (1 чл.-кор. РАН, 2 доктора и 6 кандидатов наук, молодые сотрудники и аспиранты), часть из которых ведет преподавательскую деятельность в Новосибирском государственном университете. Ее научные результаты неоднократно включались в качестве основных в Отчет о деятельности РАН. Тематика лаборатории существенно расширилась за последние годы в следующих направлениях:

- дистанционная диагностика высокотемпературных процессов (в первую очередь, контроль параметров при выращивании монокристаллов кремния);

- восприятие, анализ и понимание трехмерных динамических сцен, включая обнаружение аномалий и объектов в поле наблюдения (методы, программно-алгоритмические и аппаратно-программные средства цифровой обработки последовательности многоспектральных изображений и гидроакустических сигналов, в том числе с синтезированной апертурой).

В рамках Сибирского отделения РАН, 50-летний юбилей которого празднуется в 2007 г., лаборатория Института наиболее плодотворно сотрудничает с Институтом теплофизики, Институтом физики полупроводников, Институтом теоретической и прикладной механики, Конструкторско-технологическим институтом вычислительной техники, Конструкторско-технологическим институтом прикладной микроэлектроники, Институтом солнечно-земной физики.



Газоанализаторы водорода, кислорода, датчики факела на тепловой станции ТС-1.



Ю. Н. Тищенко В. В. Ефименко В. Д. Анцыгин Л. Е. Доленко В. И. Козик



С. М. Борзов Ж. О. Шейшенов А. Н. Смородинов С. В. Михляев



А. А. Красовский Л. В. Максимов В. М. Сидоренко А. А. Сотников Н. Н. Шушков



(Слева направо)

1 ряд: А.А. Сотников, В.В. Ефименко, В.И. Козик, И.И. Коршевер, Ю.Н. Тищенко.
2 ряд: В.Д. Анцыгин, А.А. Красовский, С.М. Борзов.
3 ряд: Л.Е. Доленко, О.И. Потатуркин, А.Н. Смородинов, М.В. Наумова, С.В. Михляев, Ж.О. Шейшенов, В.М. Сидоренко, Н.Н. Шушков, Л.В. Максимов.