

результатов отдельных измерений, автоматизированное позиционирование объекта измерения по трём координатам, а также уникальная система хранения и систематизации результатов измерений.

По словам Ю.В. Чугуя, «более десяти лет назад работы в этой области были стимулированы концерном «ТВЭЛ» Росатома. Перед нами была поставлена задача разработать и создать устройство контроля глубины и площади дефектов на поверхности тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) с субмикронным разрешением. В итоге мы создали три образца, которые сейчас работают в промышленной эксплуатации в ОАО «НЗХК». А потом решили, что у нас есть серьезные предпосылки для продвижения в нанообласть, появились идеи, как это можно сделать. И мы выполнили НИР с высокой степенью завершенности». Этот факт следует отметить особо, поскольку в институтах всё заканчивается, как правило, действующим лабораторным макетом. Но для КТИ НП это не свойственно, здесь результатом экспериментов в итоге становится опытный образец, и где-то всегда «маячит» заказчик. Важно также то, что образец этот обкатывается уже на территории заказчика, в промышленной линии завода или лаборатории института (это и есть обратная связь!), после чего учёные могут скорректировать и улучшить его технические характеристики.

Атомно-гладкое зеркало и измерения с пикометровым разрешением

Тот самый микронпрофилометр был разработан в конце 2010 года. К нему сразу проявил интерес Институт ядерной физики, уже выполняется заказ. Сейчас институт проводит развернутую рекламу этого прибора в надежде на то, что он будет востребован и в других научных отраслях. Кстати, блестящие результаты получены во многом благодаря мультидисциплинарному подходу, положенному в основу создания Сибирского отделения АН СССР. Такое взаимодействие вообще благотворно сказывается на результатах исследований многих институтов — ведь именно на стыке наук часто появляются прорывные результаты мирового значения. Одним из основных элементов интерферометра является атомно-гладкое зеркало, оно создаёт «идеальную» опорную волну, которая интерферирует с рассеянной, причем информация в картине интерференции сохраняется почти на атомном уровне, до одной десятой нанометра, и появляется возможность различить атомные слои, а это десятки пикометров. Атомно-гладкое зеркало создано коллективом сотрудников ИФП СО РАН во главе с чл.-корр. РАН А.М. Латышевым. Данный результат — разрешение атомных слоев оптическими методами — был признан одним из важнейших и упомянут в докладе президента Российской академии наук Ю.С. Осипова как выдающееся достижение мирового уровня.

«Эта тематика в фундаментально-прикладном плане — одна из визитных карточек нашего института, — подчеркивает директор КТИ НП. — И здесь есть куда развиваться. Данный нанопрофилометр может служить базой для метрологического обеспечения всех нанотехнологий, инструментом для рабо-

ты на наноуровне. А там возможности его применения могут быть совершенно неожиданными. Дело в том, что высоким разрешением обладают и другие измерительные системы, но они, как правило, контактного типа, а у нас — бесконтактного (это исключает повреждение поверхности)». Есть ещё одно преимущество — данная система достаточно высокопроизводительная. Это означает, что при формировании профиля или 3D-модели объекта требуется в десятки, а иногда даже в сотни раз меньше времени, чем при использовании контактных средств.

Опора — прочный научно-технический базис

Взрения исследований КТИ НП находится оптика трёхмерных (3D) объектов.

«Речь идет о получении информации с помощью оптических средств о геометрии объектов различной природы и формы с размерами от единиц нанометров до десятков и даже сотен метров, — продолжает Ю.В. Чугуй. — Причём, точность определения их геометрических параметров, диктуемая потребностями науки и промышленности, должна быть достаточно высокой — погрешность не должна превышать долей миллиметра для крупных объектов и долей нанометра для микрообъектов.

Чтобы достичь требуемых технических характеристик измерительной системы, нужно иметь адекватную модель взаимодействия света с 3D объектами и на её основе — конструктивную теорию формирования их изображений (проекционных, дифракционных). Теорию простую, физически наглядную и в то же время достаточно точную для промышленных применений. Такая теория разработана нами для 3D объектов постоянной толщины. Она, например, успешно была использована при разработке оптико-электронной системы контроля геометрии керамических изделий для ХК «НЭВЗ-Союз», что позволило в десятки раз повысить точность измерений. Сейчас, когда к 3D измерительным системам предъявляются порой сверхжёсткие требования, крайне важно иметь надежную теоретическую базу в части формирования изображений 3D объектов с различными конфигурациями и оптическими характеристиками».

Есть у Конструкторско-технологического института научного приборостроения и ещё одно направление, связанное с разработкой измерительных технологий для решения нестандартных задач типа «экстрим». Эти задачи предполагают создание систем, отвечающих экстремальным требованиям, когда, например, требуется одновременно обеспечить и высокую точность, и высокое быстродействие измерений (а это требует восприятия и обработки в реальном времени больших массивов информации с высокой производительностью), либо систем, работающих в далеко некомфортных, промышленных условиях с высоким уровнем вибрации, загрязненности или, что самое сложное, на открытом воздухе (+/-50°C) и даже в космосе (+/-150°C). Сюда же можно отнести системы с исключительно высокой надёжностью функционирования в течение длительного времени.

Так, например, для нефтегазовой платформы Сахалинского шельфа (проект «Сахалин-2») КТИ НП разработал и создал

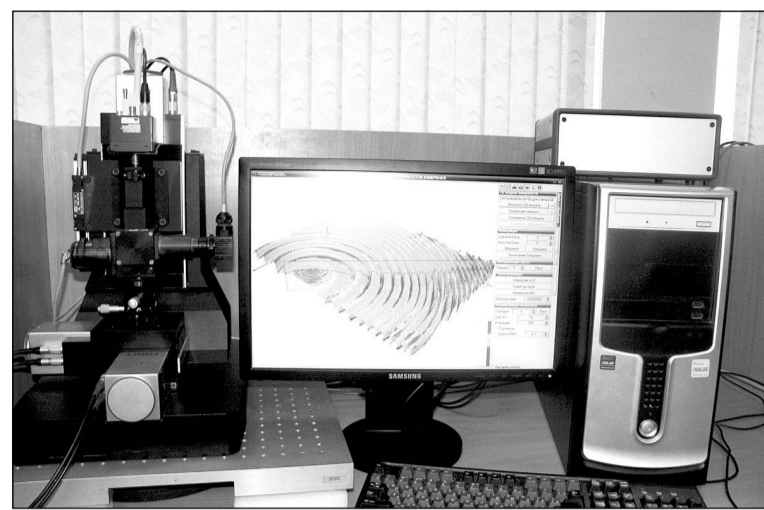
имеющую мировых аналогов оптико-электронную систему измерения смещений и деформаций элементов гигантских механических и инженерных конструкций (платформ, мостов) для круглосуточной работы в течение 30 лет в агрессивных, взрывоопасных средах в широком диапазоне температур (+/-40°C), в условиях сильных электромагнитных помех. Она имеет высокую эксплуатационную надёжность благодаря применению помехоустойчивых алгоритмов обработки информации, непрерывному автотестированию всех аппаратных частей, многократному дублированию ее элементов. С 2006 года система эксплуатируется в режиме контроля смещений подшипников сейсмической защиты. Кстати, немаловажная деталь — эта система «с нуля» была разработана, создана и поставлена всего за восемь месяцев.

Лазерный контроль на железных дорогах

За время нашей беседы в директорском кабинете было охвачено немало тем, но это, конечно, далеко не полный перечень того, что делается в институте. Много идей, направлений, десятки уже действующих систем и разработок — обо всех рассказать невозможно. Упомянем лишь некоторые из них.

Уже более десяти лет плодотворно развивается «дорожная тематика» в рамках сотрудничества с ОАО «РЖД» и при огромной поддержке начальника Западно-Сибирской железной дороги А.В. Целько. Много лет на железных дорогах страны работает созданная институтом автоматическая лазерная система контроля геометрических параметров колесных пар вагонов «Комплекс». Она предназначена для выявления на ходу поезда износов колес по основным параметрам (толщина гребня, ширина обода и т.д.); если хотя бы один из них нарушен, состав может сойти с рельсов. Принцип действия системы основан на лазерном бесконтактном контроле геометрии движущихся трёхмерных объектов с помощью высокоскоростных триангуляционных датчиков положения (сто тысяч измерений в секунду). На железных дорогах России стоят 54 «Комплекса», которые работают на скоростях до 60 километров в час: поезд, не сбавляя скорости, просто проходит контрольные точки, где с помощью лазерных технологий «сканируются» его колеса, а потом данные со всех передатчиков поступают к оператору. И когда состав приходит на станцию, обходчики действуют не «на глазок», а подходят к конкретному вагону. Тиражирование и обслуживание «Комплексов» осуществляется специально созданным совместным предприятием (ген. директор к.т.н. С.В. Плотников).

В завершающей стадии находится лазерная система бесконтактного измерения износа и дефектов контактного провода и других элементов контактной сети в движении (а это тоже проблема железных дорог), принцип измерения которой основан на структурном освещении. Преимуществами данного метода является автоматическое на скоростях до 60 км/час прямое измерение сечения и износа всех проводов, автоматическое измерение дефектов геометрии проводов, надёжные измерения параметров контактного провода в точке подвеса и



геометрии подвеса контактного провода. Отличительные особенности системы — оригинальная оптическая схема с системой слежения высоты провода, удаление паразитных засветок атмосферы за счёт использования узкополосных интерференционных фильтров и быстрый алгоритм определения дефектов провода.

А что дальше?

Всегда приятно говорить о достижениях и о планах. Первые уже реализованы и бесспорны. Вторые витают в воздухе или уже вполне осязаемы, но в любом случае их результаты пока где-то на подходе. Некоторыми планами на будущее мы и попросили поделиться Ю.В. Чугуй:

— В фундаментальном плане нам предстоят исследования в области конструктивной теории дифракционных явлений на различных 3D объектах, создание физических моделей при размерных измерениях с пикометровым разрешением (там всё происходит на атомном уровне) и метрологические исследования в этой области, поиск методов повышения поперечного разрешения нанопрофилометров, а также перспективные работы по когнитивному (интеллектуальному) зрению. На последнем остановлюсь чуть подробнее.

Эта тематика сейчас востребована во всем мире, но часть работ закрыта, они финансируются военными. Идея когнитивного зрения состоит в том, чтобы воспроизвести зрение человека, где помимо оптики — сетчатки, хрусталика, роговицы — есть ещё и мозг, при участии которого происходит обработка этой информации, а видение человеческим глазом в корне отличается от «видения» фотоаппаратом (там дальние предметы уменьшаются, а человек, когда смотрит, увеличивает удалённые объекты). Речь идёт о всевозможных 3D дисплеях, тренажёрах для моделирования ситуаций.

Возьмем прибор ночного видения для управления танком ночью. Он сильно отличается от «картинки», которую человек видит непосредственно — как по дальним, так и по близким предметам. Это может привести к тому, что водитель загонит танк в кювет или стрелок промажет. Особенное значение это имеет, когда происходит дозаправка самолёта, особенно современного истребителя, в воздухе (а летчиков пока обучают на тренажёрах, представленных обычной оптикой, машинным зрением). И то, к чему на потребительском уровне многие фирмы уже подошли, так называемое 3D зрение, является своего рода прорывом, потому что человеческий глаз не может так воспринимать, реально человек видит мир по-другому. Эту теорию зрительного восприятия ок-

ружающего мира человеческим глазом разработал в последнее время сотрудник КТИ НП д.т.н. А.М. Ковалёв, в своё время — сотрудник ИАиЭ СО АН СССР, руководитель проекта для Центра подготовки космонавтов. Тогда был создан и успешно работал десятки лет первый лётный тренажер для наших космонавтов.

Чтобы можно было реализовать теоретические выводы в конкретные «железо и оптику», у нас уже имеются все возможности. При хорошем стечении обстоятельств мы рассчитываем в ближайшее время уже сделать макеты, которые могли бы продемонстрировать специалистам соответствующих отраслей преимущества новых современных тренажёров, когда человек с их помощью воспринимает мир так, как видит его собственными глазами.

Чего бы ещё хотелось? Действительно «прорваться в космос», разрабатывать различные бортовые системы измерений, контроля геометрических параметров антенн и других объектов в космических условиях. Но это, конечно, сложнее. Желающих много, работы ведутся, и мы сейчас пытаемся предложить свои технические решения.

И в завершение — выдержка из постановления Президиума СО РАН о результатах комплексной проверки КТИ НП: «Характерной особенностью института является то, что наряду с проведением фундаментальных исследований, серьёзные усилия направлены на создание принципиально новых оптических измерительных, информационных, лазерных технологий (в т.ч. нанотехнологий), систем и приборов. Проводимые в институте исследования обеспечены высококвалифицированными кадрами... Разработкой института востребованы на отечественном и мировом рынках наукоемких технологий... Комиссия считает, что институт занимает ведущие позиции в мире в областях оптики трёхмерных объектов, фундаментальных основ оптических измерений, разработки не имеющих аналогов оптоэлектронных измерительных и лазерных автоматических систем. Получены результаты мирового уровня по применению низкокогерентной интерферометрии в области нанодиагностики, метрологических задач в нанометровом диапазоне, оптической измерительной аппаратуры с субатомным разрешением по глубине».

Что и требовалось доказать.

Ю. Александрова, «НВС»
На снимках:
— специалисты оптико-механической промышленности знакомятся с системой когнитивного зрения;
— перерон Крахаль — Инская Западно-Сибирской железной дороги. Выездное заседание НТС института на месте работы системы «Комплекс»;
— интерференциальный микроскоп-нанопрофилометр.