

СТАНОВЛЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕМАТИКИ В НОВОСИБИРСКЕ

Заслуженный деятель науки РФ, проф., д.т.н., директор КТИ НП СО РАН **Ю. В. ЧУГУЙ**



После окончания в 1963 г. одиннадцатилетней школы я приехал с Кубани, г. Приморско-Ахтарска, в романтическую Сибирь с твердым намерением поступить в Новосибирский госуниверситет. Такое решение принял после просмотра по центральному телевидению фильма о Новосибирском Академгородке, об университете нового типа.

Студенческие годы (1963 - 1968 гг.) запомнились напряжённой учёбой. Именно с 1963 г. НГУ начал «набирать обороты»: резко был увели-

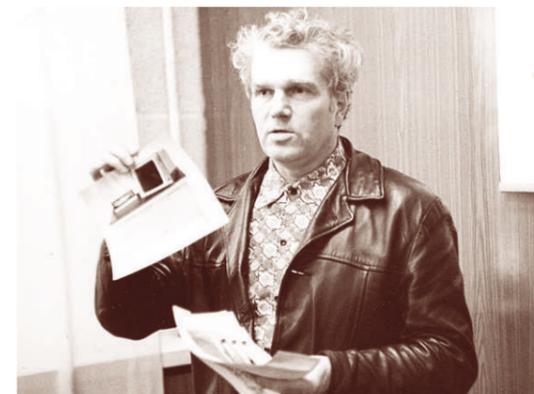
чен набор на физфак (до 200 чел.). Уже в следующем году мы переселились в новое общежитие № 5 (в знаменитую физфаковскую «пятерку») на Пирогова. Здесь в 1967 г. началась наша семейная жизнь с моей избранницей Верочкой, тоже родом из Приморско-Ахтарска. Наш курс был достаточно сильным: многие студенты прошли через летнюю и заочную физматшколу. К чтению лекций и преподаванию были привлечены ведущие учёные Академгородка (на всю жизнь запомнились неповторимые лекции проф. Ю.Б. Румера по теории относительности). И самое главное, уже со второго курса в соответствии с физтеховской системой обучения мы начали приобщаться к деятельности институтов Академгородка, в которых уже с третьего курса нам читали лекции по специальностям. Я выбрал кафедру «Автометрия» на базе Института автоматики и электро-

метрии СО АН СССР, директором которого был чл.-кор. Константин Борисович Карандеев. Он организовал этот Институт, пригласив в него не только зрелых учёных, но и молодых перспективных специалистов из Новосибирска, Львова, Москвы и других городов.

Надо сказать, что часть наших ребят уже с самого начала определились с выбором не только профессии, но даже научных направлений. В то время очень перспективной считалась такая область науки, как бионика, проблемами которой с большим энтузиазмом занимались в лаборатории, руководимой первым заместителем директора по научной работе д.т.н. Михаилом Петровичем Цапенко (все с любовью его называли ЦАПом). В эту лабораторию пошли на практику Витя Осипов, Юра Ровин, который вскоре после окончания НГУ блестяще защитил кандидатскую и докторскую диссертации, подавал большие надежды, но, к сожалению, безвременно ушел от нас. Не без колебаний оказался и я в этой лаборатории. Рецепторные поля на базе нейронов, параллельные вычисления, обучающиеся машины, распознавание образов, обработка пространственных сигналов - именно в таком измерении жил коллектив лаборатории. Всё это были попытки осмыслить и промоделировать деятельность человеческого мозга. И, конечно, хотелось физически промоделировать ряд интересных научных идей. Но в то время не было адекватной элементной базы, поэтому часть разработок лаборатории повисала в воздухе (по сути, эта тематика была востребована лишь спустя 30 лет).

С оптикой я впервые соприкоснулся при выполнении курсовой работы, ориентированной на изучение особенностей моделирования цветового зрения человека. Уже тогда я понял, насколько совершенен человеческий глаз как оптический инструмент, насколько велика роль мозга как анализатора и процессора обработки визуальной информации. Дипломная работа была посвящена исследованию характеристик адаптивного элемента на базе ферромагнитных сердечников. По замыслу моего руководителя Евгения Семёновича Нежевенко, такие элементы могли стать «кирпичиками» обучающихся систем.

1967 г. был переломным для ИАиЭ: Константин Борисович оставил пост директора по состоянию здоровья. Остро стал вопрос о подборе кандидатуры нового директора Института. Большую активность в этом деле проявил академик А.М. Будкер, бывший в то время директором ИЯФ. По его предложению директором ИАиЭ во второй половине 1967 г. был назначен 36-летний д.ф.-м.н. Юрий Ефремович Нестерихин, специалист в области плазмы и ее



Академик Юрий Ефремович Нестерихин, директор Института автоматики и электрометрии СО АН СССР с 1967 по 1987 г. Сильный волевой организатор с великолепным инженерным чутьём, неутомимый пропагандист и агитатор, и всё в одном лице.

диагностики различными методами (в том числе оптическими, лазерными). Обаятельный, весьма раскованный (любитель рассказывать острые анекдоты), но вместе с тем, безусловно, волевой, решительный, амбициозный (и, как оказалось позже, очень энергичный) таким он предстал перед коллективом ИАиЭ (о чем извещал каждую лабораторию выстрелами из стартового пистолета в новогодний институтский вечер).

Начался процесс резкого обновления тематики. Этот процесс был очень мучительным для многих сотрудников Института, часть которых покинула его стены (большинство из них перешли в НЭТИ). И вот впервые в ИАиЭ появилась лазерная тематика, которую принес к.т.н. Вольдемар Петрович Коронкевич, приглашенный Юрием Ефремовичем из СГНИИМ.



Заведующий лабораторией ИАиЭ к.т.н. Вольдемар Петрович Коронкевич - пионер лазерной интерферометрии перемещений в СССР, инициатор постановки и руководитель работ по разработке уникального в мире лазерного фотоплоттера генератора изображений (тема «Видеодиск»). Созданная в КТИ НП совместно с ИАиЭ коммерческая модель фотоплоттера поставлена ряду зарубежных и отечественных фирм и организаций.

Реформированию подверглась и лаборатория ЦАПа. Из нее выделилась группа 9-5 под руководством к.т.н. Петра Емельяновича Твердохлеба, энергичного и целеустремленного старшего научного сотрудника, талантливого организатора. Эту группу взял под своё крыло в лабораторию к.т.н. Вольдемар Петрович Коронкевич. Для развёртывания исследований в области новых регистрирующих сред Юрий Ефремович пригласил из ИЯФ молодого сильного физика к.ф.-м.н. В.К. Малиновского, лаборатория которого быстро подключилась к новой тематике ИАиЭ.

И вот наступил звездный час для нас, молодых. Как-то неожиданно в нашем научном обиходе появилось слово «голография», носились идеи распознавания образов (например, букв и более сложных объектов). На нас ошеломляющее воздействие оказала статья Лейта и Упатниекса в журнале «Наука и жизнь», посвященная принципам и возможностям применения голографии, как нового революционного способа регистрации полной (амплитудной и фазовой) информации об объекте с использованием лазерного излучения. Идея голографии была предложена Д. Габором ещё в 1949 г. (за это открытие ему гораздо позже была присуждена Нобелевская премия). Многие сразу ухватились за голографию, как за уникальный способ регистрации и восстановления трехмерных объектов, реальных сцен (возникло новое научное направление - изобразительная голография). Но уже вскоре эта идея, наряду с комплексно-сопряженной фильтрацией объектов по методу Вандер Люгта открыла потенциальную возможность физической реализации идеи распознавания образов (например, букв и более сложных объектов). Первые эксперименты в этом направлении были проведены уже в 1967 - 1968 гг. руками Игоря Гибина, пришедшего в ИАиЭ на дипломное проектирование из НЭТИ, и неукротимого Евгения Семеновича Нежевенко - генератора многих идей. Надо было видеть энтузиазм, горящие глаза и наш восторг, когда впервые удалось получить голограмму и восстановить из неё записанное изображение, когда впервые увидели корреляционную точку, яркость которой свидетельствовала о степени близости двух объектов. А ведь все делалось из подручного материала: например, для точной юстировки оптических схем по вертикали использовались книги «с изменяемой толщиной» путем соответствующего подбора количества страниц. Невероятно, но факт: в таких условиях удавалось зарегистрировать на фотопластинке тончайшую интерференционную картину микронного разрешения и таким образом получить отличные

голограммы (кстати, позже из-за вибраций нам далеко не всегда это удавалось сделать даже при использовании совершенного оборудования). Да, напор, смелость, энтузиазм делали свое дело!

Кроме голографии, на жизнь научной группы П.Е. Твердохлеба значительное влияние оказали уже известные идеи параллельной обработки информации когерентно-оптическими средствами на базе оптического преобразования Фурье. Оказалось, что если осветить транспарант с каким-нибудь изображением плоской волной света лазера, то в задней фокальной плоскости объекта наблюдается двумерное преобразование Фурье от входного изображения - спектр объекта в виде амплитуд и фаз света, причем осуществляется эта операция со скоростью света.

Спектр Фурье отныне для нас существовал не только на бумаге (как результат расчетов), а совершенно реально - в задней фокальной плоскости объектива. А отсюда уже один шаг до систем обработки оптической информации - на базе пространственно-частотных фильтров. Чем не оптическая машина? Нас просто сразила Фурье-оптика: ее двумерные возможности, быстрота вычисления (со скоростью света), элегантность математического аппарата на базе системного подхода: вместо каких-то лучиков в обычной оптике мы имеем дело с интегральными преобразователями волновых фронтов. Нам стало ясно, что Фурье-оптику нужно учить основательно. Вот когда мне пригодилась фундаментальность обучения в НГУ. А так как специалистов по оптике в группе 9-5 не было, то решили заняться самообразованием и функции учителей возложили на Игоря Гибина и на меня (все-таки физфак закончил!). Кинулись мы к первоисточникам - книгам и статьям и каждую неделю по очереди делали доклады на лабораторном семинаре сначала по азам волновой оптики (интерференция, дифракция), а потом - по основополагающим работам Фурье-оптики. На этом этапе подключились Е.С. Нежевенко и П.Е. Твердохлеб, хорошо владеющие теорией линейных систем применительно к радиотехнике и теории связи.

Достаточно быстро в тематике группы 9-5 сформировались два направления Фурье-оптики: голографическая память и оптическая обработка информации. Ввиду особой важности работ в АН СССР существовал Координационный план по проблеме «Фундаментальные основы памяти и оптической обработки информации», который курировал академик А.М. Прохоров. В этот период в коллективе появился молодой аспирант НГУ Олег Потатуркин и

дипломники НГУ Женя Пен, Володя Фельдбуш и Боря Спектор. Вскоре к ним подключился Миша Гофман, приехавший из солнечного Крыма с огромным желанием потрудиться на ниве Фурье-оптики. Тематическая группа 9-5 в конце 1972 г. была преобразована в лабораторию оптической обработки информации под руководством к.т.н. П.Е. Твердохлеба.

Так получилось, что лидером работ в области голографической памяти стал Игорь Гибин, а лидером работ в области оптической обработки информации - Е.С. Нежевенко, с которым я на первых порах работал вместе. Неутомимым научным и организационным «мотором» всей последующей деятельности был, несомненно, Петр Емельянович. Со временем он больше внимания стал уделять голографической памяти.

Очень скоро стало ясно, что класс операций, реализуемый стандартными (на базе двойного преобразования Фурье) когерентно-оптическими системами обработки информации, - очень узкий: он включает в себя лишь линейные пространственно-инвариантные преобразования (преобразования типа свертки). За короткий срок в лаборатории были разработаны оригинальные методы, реализующие в когерентном свете более широкий класс преобразований пространственно-неинвариантных с использованием линзоростровой, голографической техники и др. Лаборатория стала ведущей в СССР и весьма известной в мире своими работами. В этот период в Институте активно велись работы в области голографической интерферометрии под руководством заместителя директора по научной работе к.т.н. А.Г. Козачка. В профессиональном плане мы росли настолько быстро, что уже суровой зимой 1973 г. по инициативе Ю.Е. Нестерихина ИАиЭ организовал международную школу-семинар по голографии и оптической обработке информации, где мы пытались говорить на равных с такими научными мэтрами из США, как профессор Дж. Строук и профессор А. Ломанн.

Сначала мною исследовались новые возможности оптической обработки информации, которые открывались при применении вместо полутонковых - двухградационных (бинарных) транспарантов, которые можно было использовать для ввода информации, фильтрации сигналов по заданному закону, а также для синтеза волновых фронтов сложной структуры. При такой форме представления информации исключалось влияние нелинейности регистрирующей среды. Исключительно просто решалась задача формирования биполярных и даже комплексных сигналов. Характерно, что в

этот период существовало повальное увлечение матричными вычислениями средствами когерентной оптики. Захлестнула эта стихия и меня. Но здесь я решил... развернуться на 180 градусов: уйти от когерентной оптики и «причалить» к традиционной некогерентной. И причиной тому - низкая точность вычислений когерентно-оптических систем (погрешность 5-10%), главным образом из-за спекл-шума - неизбежного спутника когерентной оптики (этот недостаток когерентной оптики есть, как известно, продолжение ее известных достоинств).

Как-то в фотолаборатории я экспериментировал с обычным фотоувеличителем путем дополнительного введения цилиндрической линзы, и это навело меня на мысль создания на базе комбинации сферической и цилиндрической линз (анаморфотной оптики) интегро-проецирующего звена, а отсюда уже один шаг до построения некогерентных оптических систем для матричных вычислений.

Родилась идея перемножения трех матриц, причём с размерностями 100 x 100 и более, которая вскоре была подтверждена экспериментально. Вследствие отсутствия когерентных шумов точность вычислений удалось повысить более чем на порядок. Не скрою, что такой отход от когерентной оптики не всеми в лаборатории был воспринят однозначно. Некоторое время в лаборатории я себя чувствовал не очень комфортно: отступил от генеральной «когерентной» линии коллектива. Но разум быстро восторжествовал и уже на очередном советско-американском семинаре по оптической обработке информации, наряду с другими, докладывались результаты и нашей работы. По-видимому, закономерно, что в последующие годы усилия многих исследователей были направлены на разработку оптических систем обработки информации, работающих в



Очередной Международный семинар по оптической обработке информации в Новосибирске. Председатель семинара академик Ю.Е. Нестерихин беседует с его участниками.

частично-когерентном свете. Такие системы являются промежуточными (компромиссными) между когерентными и некогерентными, в которых все еще реализуются возможности Фурье-анализа и фильтрации изображений, но с заметно меньшим уровнем спекл-шумов. По результатам выполненных исследований по обработке изображений на основе двухградационных транспарантов в 1975 г. мною была защищена кандидатская диссертация. Кстати, защищались мы с Игорем Гибиним в один день на одном и том же совете, председателем которого был академик Г.И. Марчук.

Полагаю, что диапазон моих исканий - от когерентной до некогерентной оптики - моим коллегам казался несколько странным: ведь в то время на щите была лазерная техника и Фурье-оптика, а обработка информации в некогерентном свете, на первый взгляд, была шагом назад. Какие уроки я извлек для себя из этих поисков? Как говорят в народе, не сотвори себе кумира. Очень опасно абсолютизировать те или иные подходы (скажем, Фурье-оптику), технические решения. Жизнь более многогранна. Это, во-первых. А во-вторых, я понял, что мы до конца не знаем возможности обычной некогерентной оптики. На моем примере они оказались далеко неисчерпаемыми. И, наконец, мне стало ясно, что перспективы построения универсальных оптических вычислителей весьма призрачны, ибо все-таки мы имеем дело с аналоговой техникой. И это несмотря на то, что в данный период начала активно развиваться элементная база когерентно-оптических вычислителей. Появились различные типы пространственно-временных модуляторов света для ввода обрабатываемой информации в такие вычислители. Было ощущение, что нужны принципиально новые подходы на пути цифровой оптической техники. Иными словами, у меня возник кризис жанра, который закончился весьма неожиданно.

Здесь в очередной раз мне помог его величество случай. Как-то мы с Игорем Гибиним поехали на НПЗ им. Ленина (бывший «105 ящик») за некондиционной оптикой (о кондиционной оптике в то время и речи быть не могло: все жестко фондировалось). В проходной завода нас встретил строгий мужчина Бычков Рудольф Михайлович, которому было поручено организовать наш визит. Он сразу же заинтересовался: «А чем, собственно говоря, вы занимаетесь, молодые люди?» «Фурье-оптикой» - был мой ответ с Игорем. «Оптику, я слава Богу, знаю, но что-то о Фурьевой оптике ничего не слышал». И мы с жаром начали ему рассказывать о принципах и возможностях Фурье-оптики. И вдруг он неожиданно спросил:



Рудольф Михайлович Бычков, к.т.н., разработчик «от бога», один из инициаторов постановки новых работ по лазерным системам размерного контроля на основе Фурье-оптики.

«А этой самой Фурье-оптикой вы можете измерить геометрические параметры микро-винтов микроскопов БМИ (задача весьма актуальная), которые серийно выпускаются на НПЗ им. Ленина. Сейчас все замеры делаются вручную на универсальном микроскопе. Операция очень трудоемкая». «Надо подумать», ответил я. Сама постановка задачи меня поразила.

«Интересная ситуация» - подумал я. Мы бьемся как рыба об лед, чтобы оперативно с высоким качеством представить на транспаранте входное изображение, подлежащее обработке, а здесь - уже готовый транспарант, в роли которого выступает сам объект контроля. Естественно, первый шаг - поместить винт на входе Фурье-анализатора. Дифракционная картина, которую я увидел, довольно сильно меня озадачила наличием интерференционных полос различного периода.

Работа меня настолько увлекла, что уже через месяц, благодаря плодотворным обсуждениям с Вольдемаром Петровичем Коронкевичем, удалось расшифровать дифракционную картину винта, и я снова вышел на основательный диалог с Р.М. Бычковым (позже узнал, что он был одним из самых квалифицированных специалистов по оптике, ему поручалась настройка спецприборов - самых ответственных изделий завода). И вот мы вместе с ним начали разработку новой тематики, связанной с оптическим контролем геометрических параметров объектов на новых физических принципах с использованием Фурье-оптики. На первый взгляд казалось, что я сменил тематику. Однако это не так. Как это ни странно, но общее направление деятельности, связанное с оптической обработкой информации, осталось. При этом изменилась целевая функция: не просто абстрактная обработка информации, а обработка изображений изделий применительно к контролю их геометрических параметров. Интуиция и уже накопившийся опыт подсказывали

мне, что это благодатное поле для аналоговой обработки оптическими средствами.

Так появилась в ИАиЭ оптическая измерительная тематика на новых физических принципах (на базе Фурье-оптики). Не скрою, что на первых порах к ней было несколько настороженное отношение. Да оно и понятно: с фундаментальных основ памяти - вдруг неожиданно спуск на грешную землю: какие-то измерения размеров с микронными погрешностями. Петр Емельянович после некоторых колебаний дал «добро» на развертывание работ в этом направлении. Да и Юрий Ефремович, будучи весьма прагматичным человеком, быстро взял на вооружение и эти разработки, как пример реализации в кратчайшие сроки идей Фурье-оптики для промышленного контроля.

Более того, в эти годы по инициативе чл.-кор. АН СССР Ю.Е. Нестерихина и директора завода Б.Е. Галуцака наметилась тенденция тесного научно-производственного сотрудничества между ИАиЭ и НПЗ им. Ленина (состоялось даже совместное заседание партбюро). С целью скорейшего внедрения результатов науки в производство решено было между ИАиЭ и НПЗ им. Ленина создать буферную организацию - межотраслевой конструкторский отдел (МКО) под руководством к.т.н. В.И. Никулина. Эта идея была поддержана руководством Минобороны, Сибирского отделения АН СССР и Новосибирского обкома КПСС. Были выделены соответствующие средства, и МКО стал набирать обороты. Одним из направлений его деятельности стали разработка и создание оптических контрольно-измерительных систем на принципах когерентной оптики и голографии. В МКО эта тематика велась в лаборатории, руководимой к.т.н. Р.М. Бычковым, а в ИАиЭ - в лаборатории оптической

обработки информации под руководством к.т.н. Ю.В. Чугуя.

Организационно цепочка «НИР - ОКР» выстраивалась следующим образом. В МКО существовал ряд подразделений, которые очень тесно работали с лабораториями ИАиЭ в соответствии с планами, утвержденными руководством Минобороны и СО АН СССР. Результаты НИР передавались в МКО, где выполнялись ОКР, на выходе которых были опытные образцы систем, а в перспективе - и их партии. Характерно, что часть подразделений МКО базировалась на площадках ИАиЭ и таким образом осуществлялось теснейшее взаимодействие исследователей и разработчиков. Такое «перекрестное опыление» способствовало более скорейшему созданию совместно наукоемкого продукта. Для быстрой подготовки специалистов по оптической измерительной технике мною для сотрудников МКО был прочитан цикл лекций по Фурье-оптике и ее применениям. Важно отметить, что часть сотрудников МКО пополнялась за счет молодых специалистов, закончивших НГУ (в основном по линии кафедры автоматизации физико-технических измерений), где я многие годы читал и читаю курсы лекций по оптической обработке информации, Фурье-оптике и системам технического зрения.

Если говорить о «сухом остатке» такой кооперации, то в кратчайшие сроки уже в 1980 г. совместно были созданы две модели лазерного дифракционного измерителя ЛДИ-1А для измерения геометрических параметров резбовых изделий и ЛДИ-1Б для измерения диаметров нитей, проволок, стекловолокон (с разрешением 0,1 мкм). На момент их создания технические характеристики измерителей ЛДИ соответствовали уровню лучших зарубежных



Учитель и ученик: Президент АН СССР академик А.П. Александров (слева) и директор ИАиЭ СО АН СССР академик Ю.Е. Нестерихин (в центре).

образцов. Для нужд ряда предприятий оптической промышленности в 1983 г. впервые в СССР была выпущена первая промышленная серия измерителей ЛДИ, которые внедрены на Лыткаринском заводе оптических стекол (контроль технологических процессов при вытяжке волокон) и на НПЗ им. Ленина (контроль геометрических параметров микровинтов для серийных микроскопов БМИ). На базе МКО затем был создан Сибирский НИИ оптических систем (директор к.т.н. В.И. Никулин), с которым мы продолжали сотрудничество (руководитель лаборатории Л.В. Финогенов) по созданию лазерных контрольных автоматов (ЛКА) корреляционного типа применительно к задаче высокоскоростного контроля тел вращения на конвейере (гильз, патронов и т.п.). Кстати, тематика корреляционных измерителей затем была продолжена уже в кооперации ИАиЭ с СКБ НП СО АН СССР. Результатом ее явилось создание высокоточных надежных измерителей «Контур-2» и «Контур-3» (сектор Ю.Г. Василенко), высокие технические характеристики которых обеспечивались благодаря применению частично-когерентных осветителей (вместо лазерных). Эти измерители нашли применение в электротехнической и атомной промышленности.

Среди отраслей, с которыми пришлось в те годы активно сотрудничать «пальма первенства», безусловно, принадлежала атомной промышленности. Как известно, в 70х гг. Сибирское отделение активно взаимодействовало с девятой министерств (оборонного профиля) и, прежде всего, с оборонными предприятиями, расположенными в Новосибирске. С этими министерствами существовали координационные планы сотрудничества, инициатором которых был председатель Отделения академик Г.И. Марчук. Особое внимание уделялось взаимодействию с предприятиями Минсредмаша - прежде всего, с Новосибирским заводом химконцентратов (НЗХК).

На рубеже 1970 - 1980 гг. на завод был выбран научный десант с целью ознакомления с актуальными научно-техническими проблемами НЗХК и подключения к их решению Института Сибирского отделения. Среди участников десанта оказался и я и, как выяснилось, неслучайно. Заводу предстояло осваивать выпуск ядерных реакторов ВВЭР-1000 и среди прочих неотложных проблем была задача обеспечения 100 % контроля бесконтактными средствами диаметров тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ). Мы очень быстро подключились к ее решению. Уже в 1985 г. впервые в отрасли благодаря всемерной поддержке работ со стороны легендарной женщины -

начальника цеха № 19 Дианы Федоровны Зенковой - был запущен в промышленную эксплуатацию бесконтактный лазерный измеритель диаметров ЛДИ-1М в линии контроля диаметров тепловыделяющих элементов ТВЭЛ (взамен контактных средств). С его помощью впервые удалось получить достоверную измерительную информацию о действительных размерах ТВЭЛ (по всей его длине), что позволило улучшить технологию их производства. Внедрение в отрасли бесконтактных оптико-электронных средств размерного контроля, по мнению специалистов Минсредмаша, равносильно было технической революции в деле метрологического обеспечения производства ТВЭЛ средствами автоматического объективного контроля. Эти работы в значительной степени поддерживались министром Минсредмаша Е.П. Славским, которому неоднократно демонстрировались возможности нашей техники.

Ввиду особой важности работ по обеспечению бесконтактного контроля оптико-электронными средствами изделий атомной энергетики, в 1987 г. совместным приказом председателя СО АН СССР академика В.А. Коптюга и министра Минсредмаша Л.Д. Рябева была организована межотраслевая лаборатория технического зрения (ОНИЛ ТЗ), руководителем которой был назначен Ю.В. Чугуй.

Лаборатория, по существу, является головным подразделением Росатома по разработке средств бесконтактного 100%-размерного контроля изделий атомной энергетики, что имеет первостепенное значение для повышения её безопасности. В период с 1991г. по настоящее время в интересах атомной промышленности и других ведущих отраслей страны исследованы и разработаны высокоточные оптико-электронные методы 3D контроля (теневые, триангуляционные на основе структурного освещения и



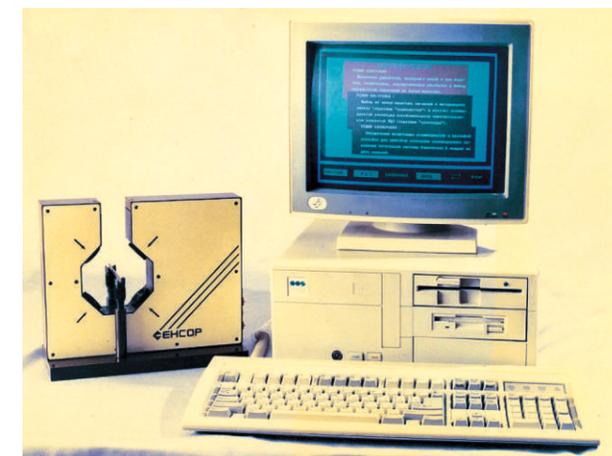
Первый в атомной отрасли бесконтактный автоматический лазерный измеритель диаметров оболочек ТВЭЛ (разработка ИАиЭ СО АН СССР). Успешно прошёл испытания в цеховых условиях Новосибирского завода химконцентратов (1985 г.).

Первоначальный состав отраслевой лаборатории технического зрения ОНИЛ ТЗ (создана в 1987 г. приказом СО АН СССР и Минсредмаша). Слева направо (сидят): М.А. Шматова, Е.Н. Богомолов, С.П. Юношев; (стоят): зав. лаб. к.т.н. Ю.В. Чугуй, зам. зав. лаб. В.В. Вертопрахов, Б.Е. Кривенков, В.П. Юношев.



низкокогерентной интерферометрии) и на их базе создан ряд уникальных систем для 3D контроля геометрических параметров ТВЭЛ (системы «Блик», «Блик-2», «Сенсор», «Контроль»), дистанционирующих решеток (система «ЛИМ»), концевых изделий ТВЭЛ (системы «Град», «Град-2»), а также для 3D контроля поверхностных дефектов ТВЭЛ (цифровой микроскоп «Радар» - «Профиль»). Технические характеристики указанных систем находятся на уровне лучших зарубежных образцов, а такая разработка как лазерная измерительная машина «ЛИМ» (для 100 % трехмерного контроля дистанционирующих решеток) не имеет аналогов в мире (производительность в 300 раз выше, чем у традиционно используемых координатно-измерительных машин). Указанные измерительные средства успешно эксплуатируются в технологических линиях производства концевых изделий («Град») в ОАО «ЧМЗ» (г.Глазов) и в технологических линиях производства тепловыделяющих сборок в ОАО «НЗХК» (г.Новосибирск).

Их применение позволило повысить безопасность отечественных атомных реакторов



Оптико-электронный двухкоординатный измеритель диаметров протяжённых изделий СЕНСОР (разработка КТИ НП СО РАН, 1992 г.).



Семейство лазерных триангуляционных щупов (измерителей расстояний до объектов), разработанных в КТИ НП в период 1992-2003 гг.: первая модель щупа (слева), усовершенствованная модель (в центре) и современная модель серии ЛАБРАКОН для работы в сложных климатических условиях (справа).

ВВЭР-1000 и ВВЭР-440. В настоящее время в ОНИЛ ТЗ для нужд атомной промышленности разработана система технического зрения для обнаружения поверхностных дефектов таблеток ТВЭЛ, которая находится в стадии производственных испытаний.

В 1987 г. сразу с должности старшего научного сотрудника ИАиЭ я был назначен начальником СКБ НП СО АН СССР. Как известно, СКБ НП в качестве самостоятельной организации было создано в 1972 г. С момента основания научное руководство ею осуществлялось ИАиЭ, который фактически выполнял функции головной организации: и тематика, и финансирование, как правило, шли через этот Институт. Таким образом, на протяжении многих лет ИАиЭ и СКБ НП, будучи юридически независимыми, тем не менее функционировали во многом как единая организация. До моего прихода в активе совместных работ ИАиЭ и СКБ НП было два мощных проекта: автоматизация научных исследований на базе стандарта КАМАК (руководители проектов от ИАиЭ и СКБ НП - Ю. Золотухин и О. Гусев) и система синтеза визуальной обстановки (соответственно А. Ковалев и В. Белов, а позднее Б. Долговесов и В. Буровцев). В 1987 г. на долю коллективов ИАиЭ и СКБ НП выпали непростые испытания. Произошла смена руководства ИАиЭ: новым директором был назначен д.т.н. П.Е. Твердохлеб. Бывший начальник СКБ НП к.т.н. Г.М. Собстель перешёл на другую работу.

Коллектив, который я возглавил, я знал не понаслышке: в течение нескольких лет я был секретарем партбюро объединенной партийной организации наших коллективов. Поэтому приходилось решать многие вопросы, оказывать помощь академику Ю.Е. Нестерихину по обеспечению взаимодействия ИАиЭ и СКБ НП в деле реализации совместных проектов. К

тому же в последние годы я уже плотно работал с этим коллективом по разработке корреляционных измерителей. Пригодился, конечно, и опыт руководства различными научно-техническими проектами, взаимодействия с различными заказчиками.

Как руководитель СКБ НП, я сразу же столкнулся с многими проблемами: прежде всего, с резко уменьшившимся объемом финансирования НИОКР со стороны ИАиЭ, с необходимостью ликвидации старых «хвостов», с кадровым «голодом» и т.д. Именно в эти «перестроечные» годы над всеми СКБ Отделения, в том числе и над СКБ НП, сгустились мощные тучи: нависла реальная серьезная угроза их приватизации, и, таким образом, вывода этих организаций из состава Академии наук. Сибирскому отделению крупно повезло, что у его руля в те годы стояла такая легендарная личность, как академик Валентин Афанасьевич Коптюг. Именно благодаря его поистине гениальному смелому решению все СКБ в кратчайшие сроки были преобразованы в конструкторско-технологические институты (КТИ), которые получили статус бюджетной научной организации, наделенной небольшим бюджетом. Эта мера позволила сохранить конструкторско-технологический потенциал Отделения и спасла СКБ от неминуемой гибели (как жизнь показала, печальная участь постигла многие отраслевые КБ и СКБ - они перестали существовать).

За прошедшие годы проведена коренная реорганизация деятельности Института в части утверждения новых научных направлений, открытия новых лабораторий, укомплектованных высококвалифицированными научно-инженерными и конструкторскими кадрами. В результате удалось сократить срок сквозного цикла НИР - ОКР - пилотный образец до 1-1,5 лет. В

настоящее время деятельность Института сфокусирована на решении научно-технических проблем в области оптических измерительных технологий, лазерных технологий, а также на создании конкурентоспособных уникальных Hi-Tech образцов для научных и промышленных применений.

С 1990 г. совместно с ИАиЭ нами в КТИ НП были развернуты работы по созданию коммерческого образца лазерного генератора изображений широкого назначения, в том числе для производства шкал, лимбов, образцов дифракционной оптики (разработка ИАиЭ). В нелегкое перестроечное время удалось найти централизованные источники финансирования, что позволило создать коммерческую модель уникального лазерного генератора изображений субмикронного разрешения CLWS-300/C-M (рабочее поле до 250 мм, разрешение до 1000 лин./мм), которая успешно экспортируется за рубеж (Германия, Италия, Китай). В последние годы началось оснащение отечественной оптико-механической промышленности этой установкой: в 2004 г. CLWS-300/C-M запущен в Екатеринбург на ФГУП «ПО «УОМЗ» (линия производства шкал, лимбов), запущена установка на ФГУП «НПП «Геофизика-Космос».

Благодаря предпринятым усилиям удалось установить долговременное стратегическое партнерство, крое атомной промышленности, с железнодорожным транспортом (МПС РФ, ОАО «РЖД»), включая Западно-Сибирскую железную дорогу (ЗСЖД), с другими базовыми отраслями страны, в том числе с горнодобывающей промышленностью (АК «АЛРОСА», ЕСО «АЛРОСА»).

В течение семи лет в КТИ НП активно ведутся работы по решению актуальных задач железнодорожной отрасли. За короткий срок созданы контрольно-измерительные средства и установки различного назначения в интересах локомотивного, вагонного и путевого хозяйств ОАО «РЖД», ряд которых уже внедрен на ЗСЖД («Муфта», «Стрела» и др.). В 1998 г. руководство МПС России и ЗСЖД обратилось в Институт с просьбой решить задачу бесконтактного контроля геометрических параметров колесных пар вагонов на ходу поезда (при скоростях до 60 км/час), что крайне важно для повышения безопасности железнодорожного транспорта.

Благодаря большой организаторской работе с максимальной концентрацией интеллектуального потенциала Института удалось в предельно сжатые сроки разработать и создать уникальную всепогодную систему «Комплекс» для высокоскоростного контроля более десятка геометрических параметров колесных

пар вагонов с быстродействием до 10^5 измер./с (при температуре окружающей среды $\pm 40^\circ\text{C}$). В настоящее время 24 системы успешно эксплуатируются на семи железных дорогах России. Согласно плану ОАО «РЖД», в ближайшие годы планируется оснащение такими системами всех базовых пунктов технического обслуживания (ПТО) сети железных дорог России. В 2004 г. разработка была удостоена Большой Золотой медали Сибирской Ярмарки. По итогам 4-го Всероссийского конкурса «1000 лучших предприятий и организаций России - 2003» КТИ НП вошел в первую сотню организаций по результатам научной и производственной деятельности.

По результатам работ в области разработки, создания и внедрения бесконтактной измерительной техники нового поколения (на основе принципов Фурье-оптики) в 1992 г. мною в НЭТИ была успешно защищена докторская диссертация. Примечательно, что председателем диссертационного совета был первый проректор НЭТИ - д.т.н. Аркадий Григорьевич Козачок, а его членами - ряд бывших сотрудников ИАиЭ. Среди них был и д.т.н. Михаил Петрович Цапенко, доброжелательная критика и замечания которого помогли мне в период подготовки диссертационной работы.

Важным событием для измерительного сообщества России и зарубежья стало проведение в 2002 г. в Новосибирске 7-го Международного симпозиума по лазерной метрологии (организатор КТИ НП СО РАН, председатель симпозиума проф., д.т.н. Ю.В. Чугуй) под эгидой Международной измерительной конференции IMEKO. Тематика его во многом коррелировала с направлениями деятельности КТИ НП. В нем приняли участие 45 ученых из 14 стран. От Сибирского отделения на симпозиуме было сделано 75 докладов, 16 из которых - сотрудниками КТИ НП. Труды симпозиума были опубликованы в трудах престижного Американского общества инженеров по оптике SPIE. Симпозиум во многом способствовал восстановлению прерванных связей между российскими и зарубежными учеными и дал серьезный импульс для развития измерительных технологий в России.

Особенно в последние годы заметно расширяется объем работ с институтами СО РАН по тематике научного приборостроения. Так, в рамках интеграционного проекта СО РАН (совместно с ИГД и ИГИЛ) ведется разработка комплекса аппаратуры и оборудования для изучения нелинейных геомеханических свойств горных пород в лабораторных и натурных условиях. Совместно с ИАиЭ и ИСЗФ разработана и создана (в рамках бюджетного финан-



Заместитель
председателя СО
АН СССР академик
В.Е. Накоряков
представляет
коллективу СКБ НП
нового начальника
организации к.т.н.
Ю.В. Чугуя
(1987 г.).

сирования Минпромнауки приборной базы научных организаций) современная микропроцессорная система автоматического управления и контроля антенно-фидерным хозяйством Сибирского солнечного радиотелескопа. Кстати, мы очень активно взаимодействуем с институтами СО РАН по линии Центра коллективного пользования по стандартизации СО РАН, созданного на базе КТИ НП постановлением Президиума Отделения в 2003 г. с целью совершенствования в нынешних условиях организации процесса НИОКР в институтах СО РАН в соответствии с требованиями международных и национальных стандартов. В настоящее время это один из наиболее активно действующих общеакадемических ЦКП. В нем собрано в электронном виде более 20 000 нормативных документов, организован удаленный доступ к базе данных ЦКПС, даются необходимые консультации. Услугами Центра пользуются более 30 организаций СО РАН различного профиля.

В настоящее время нами активно ведутся исследования в рамках разрабатываемого мною в течение многих лет научного направления «Фурье-оптика трехмерных объектов». Впервые предложена конструктивная (простая, физически наглядная и вместе с тем достаточно точная для практических применений) теория формирования и пространственно-частотной фильтрации в когерентном свете изображений и дифракционных картин Фраунгофера трехмерных объектов постоянной толщины. Теория объясняет многие наблюдаемые эффекты и основана на применении модели эквивалентных диафрагм (распределений), что позволяет получать решения в аналитическом виде в классе интегралов Френеля. Разработанная конструктивная теория дифракции света на таких телах в значительной степени восполняет существующий пробел в области физической оптики трехмерных объектов и открывает новые возможности для создания систем трехмерного технического зрения нового поколения. Предложенная теория обобщается на объекты цилиндрического типа, а также на случай освещения 3D объектов световыми волнами различной конфигурации, что позволяет благодаря селекции фрагментов этих объектов измерять их с высокой точностью.

А в прикладном плане мною с коллегами в течение последних лет разрабатываются научно-технические и практические основы построения перспективных (френелевских) измерителей с использованием дифракционных картин Френеля контролируемых объек-



Министр образования и науки д.т.н. А.А. Фурсенко у стенда КТИ НП СО РАН в Выставочном центре СО РАН. Пояснения даёт директор КТИ НП д.т.н. Ю.В. Чугуй (2005 г.).

тов. Предложен принципиально новый дифракционный метод контроля непрозрачных объектов малого размера (от нескольких мкм до 100 мкм) на основе анализа контраста регистрируемого поля, что позволяет при прецизионных измерениях достичь разрешения 10 нм, а в перспективе - 1 нм. На базе таких научных разработок могут быть созданы малогабаритные дешевые измерители с уникальными техническими характеристиками.

Позади пройден солидный отрезок жизненного пути. Доволен ли я своей судьбой? Безусловно, да. Счастлив, что связал жизнь с наукой, Сибирью, Академгородком, ИАиЭ, КТИ НП, что на моем пути встретилось много интересных людей, которые меня многому научили, за что им очень благодарен. Счастлив, что мои дочери, Таня и Наташа определились в жизни. Счастлив, что немало лет удалось прожить в советское время. Живи сейчас - вряд ли бы я оказался здесь: и транспортные расходы были бы не по карману, и, конечно, плата за обучение. Думаю, что многие из нас не до конца поняли, что же мы потеряли, от какой страны мы отказались. И только сейчас, пожив при «диком» капитализме, мы начинаем прозревать и трезво оценивать и ценить лучшие стороны советской цивилизации - по сути, цивилизации будущего. Уверен, что здоровые основы Советского проекта будут непременно востребованы!