



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ЗА НАУКУ В СИБИРИ

ОРГАН
ПРЕЗИДИУМА
И МЕСТНОГО КОМИТЕТА
ПРОФСОЮЗА СО АН
СССР.

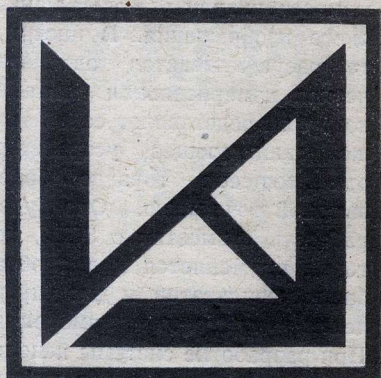
Год издания 9-й

№ 16 (445).

15 апреля 1970 г.

СРЕДА

Цена 4 коп.



ИН-
СТИ-
ТУТ



В. И. ЛЕНИНУ ПОСВЯЩАЕТСЯ

ДЕНЬ
НАУКИ 19

АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ

«Производительность труда это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя».

В. И. ЛЕНИН.

В МИРЕ в настоящее время развернулась невиданная по своим масштабам и темпам научно-техническая революция. Она производит переворот в науке, открывает новые перспективы совершенствования промышленной технологии, управления производством, является основой в борьбе за осуществление великих планов нашей партии и советского народа. Именно в области научно-технического прогресса пролегал сегодня один из главных фронтов соревнования двух систем, что делает дальнейшее развитие науки и техники и широкое внедрение в производство новейших научно-технических достижений центральной экономической и политической задачей.

В. И. Ленин, 100-летие со дня рождения которого мы отмечаем в эти дни, заложил основы научного планирования народного хозяйства и науки, ему принадлежат многие идеи и практические шаги по развитию советской науки, ее сближению с практикой, использованию передового опыта. В. И. Ленин указал прежде всего на необходимость распространения плановых основ на сферу научных исследований, расширения сети исследовательских институтов, обеспечивающих коллективную форму творческого труда. Ленин впервые поставил перед Академией наук конкретные задачи по материализации интеллектуального потенциала России, рожденного великой пролетарской революцией. Так, план ГОЭЛРО, по идее Ленина, должен был лечь в основу не только преобразования материального производства, но и перестройки просвещения. Деятельность партии в разработке и реализации этого плана проводилась под руководством, если можно так сказать, «обобщенной идеи» комплексного развития науки, производства и образования.

Наука в настоящее время стала непосредственной производительной силой. Реализация идей классической электродинамики явилась основой революции в энергетике, успехи в изучении строения атомного ядра оказали глубочайшее влияние на развитие науки и промышленности, открытия в механике привели к созданию авиации и проложили путь в космос. Достижения химии и физики твердого тела обеспечили необычайное расширение возможностей электроники, что наиболее ярко выразилось в создании современных электрон-

Ю. Е. Нестерихин,

директор ИАиЭ, доктор физико-математических наук

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ных вычислительных машин и в приборостроении.

Революция в электронике открыла возможность создания разнообразных систем переработки информации с перспективой совершенствования процессов управления, автоматизации многих других функций, ранее считавшихся принадлежностью интеллектуальной деятельности человека.

Электронные вычислительные машины способствовали ускорению развития научных исследований и технических разработок на базе математического моделирования. Это привело к тому, что многие качественные науки становятся математически строгими.

Можно сказать, что основой современного прогресса становится единство проблем, возникающих в области постановки эксперимента, в области прикладной вычислительной техники и разработки регистриру-

ющих устройств, непосредственно соединенных с экспериментальными устройствами. Совсем недавно главные трудности были связаны с построением сложных электронных вычислительных систем. Теперь наиболее важной и трудной является разработка методов и технических средств связи ЭВМ с объектами исследования и оперативно-го взаимодействия человека с ЭВМ при обработке колоссальных массивов информации. Общение человека с вычислительной машиной позволило накопить известный опыт, и прежде всего, было обнаружено несовершенство методов взаимодействия с ЭВМ. По существу необходимо соединить громадные возможности ЭВМ с интеллектом человека. Вот почему, наряду с решением фундаментальных математических проблем, особое значение имеет развитие методов автоматического программирования, созда-

ние крупных вычислительных систем, непосредственно соединенных с устройствами восприятия информации от объектов исследований, и освоение мирового опыта на различных языках ЭВМ.

В настоящее время можно с полным правом говорить о революционной ситуации в области получения и обработки информации.

Современные точные науки требуют качественно нового класса измерительных информационных средств. Объясняется это тем, что задачи, стоящие перед наукой, чрезвычайно расширились и усложнились, определились тенденции перехода к исследованиям быстротекущих процессов с большим числом одновременно измеряемых параметров. Вся история последних достижений в области ядерной физики, квантовой радиофизики, физики плазмы, космоса, аэродинамики и гидро-

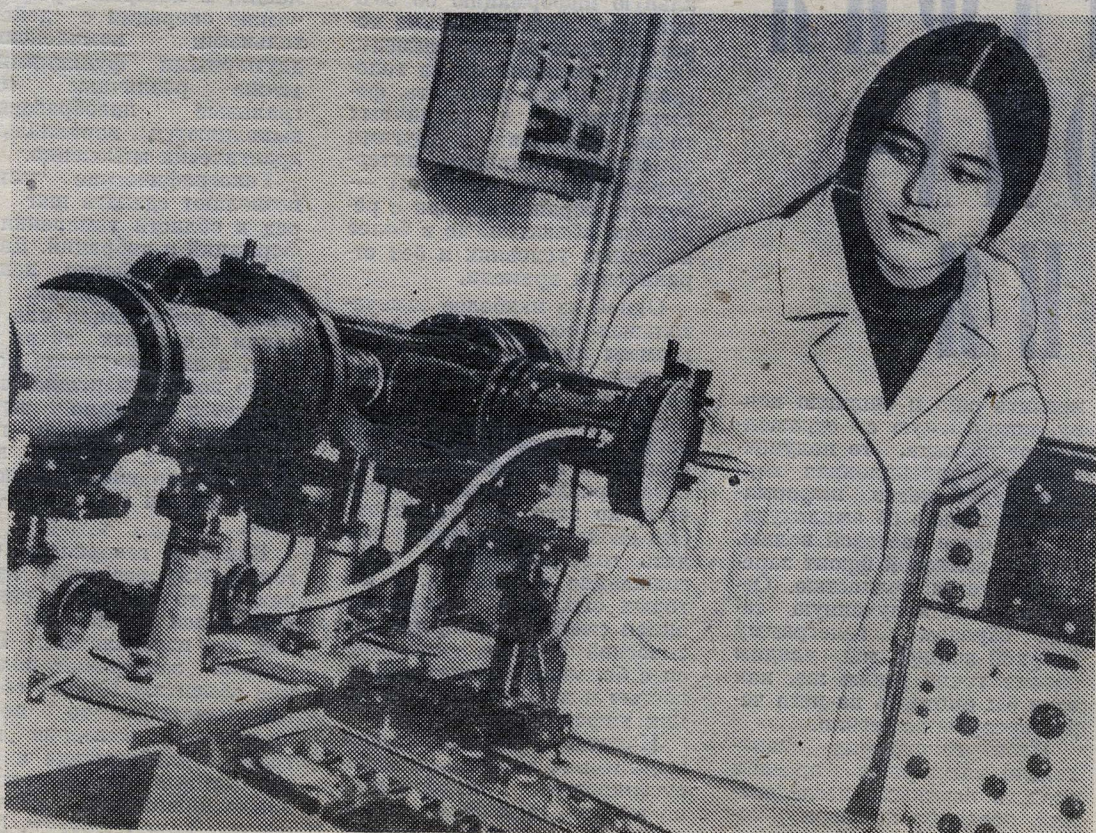
динамики, химии — убедительный тому пример.

Таким образом, насущной задачей является решение вопросов комплексного научного планирования и организации работ при постановке крупных научно-технических экспериментов. Здесь важно обобщить и совместно разрабатывать проблемы собственно эксперимента, создания устройства ввода и вывода информации и использования ЭВМ для обработки данных.

Задача настоящего дня — в комплексном подходе к исследованиям, в сочетании самых разных методов и средств. Надо смелее привлекать квантовые устройства, ядерные методы, специализированные электронно-оптические и голографические устройства и т. п. Сегодня необходимо органическое соединение измерительных средств с возможностями вычислительной техники. В то же время во многих областях научной деятельности наблюдается все более глубокая специализация. При условии интеграции это приводит к ведомственности в промышленности и, как следствие, к организационным трудностям. Автоматизация научных исследований является серьезной попыткой связать различные научные дисциплины — это один из немногих путей к единению наук, поскольку здесь аккумулируются методы и опыт различных разделов науки, которые используются во многих смежных областях и в промышленности.

Одним из первых этапов автоматизации научных исследований и технологических процессов является получение первичной информации. Рассмотрим для примера вопрос измерения длин или перемещений. Речь идет о процессах и операциях, которые не могут быть выполнены человеком или приводят к большим потерям времени. Они могут включать в себя операции регулирования или управления. Например, в промышленности 85—90 процентов общей массы измерений составляют измерения длин. Но-

(Окончание на 2—3 стр.)



Сканирующий автомат для ввода в электронные цифровые вычислительные машины фильмовой информации СА-1, разработанный в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР, позволяет автоматически с высокой точностью измерять и кодировать координаты изображений объектов исследований, зарегистрированных на киноленте. На снимке: оператор Л. М. Героева у автомата СА-1, установленного для опытной эксплуатации в Институте ядерной физики СО АН СССР.



АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

(Окончание. Нач. на 1 стр.).

вые задачи по созданию крупных научно-технических комплексов, где требуются коэффициенты надежности порядка 99,99996 процента, содействуют развитию высокой технологии. Нетрудно представить себе объем измерений, необходимых при изготовлении, скажем, ракетного комплекса космической программы США «Аполлон», состоящего из нескольких миллионов деталей, и технический уровень этих измерений, обеспечивающий сборку и надежную совместную работу деталей и узлов, изготовленных на разных предприятиях. Аналогичные

требования необходимы для способов обработки (электрохимия металлов, обработка с помощью лазеров и электронных пучков) и миниатюризации механических и электронных конструктивных элементов (интегральные схемы и т. д.).

Методы измерения, активно воздействующие на процессы производства, в сочетании с устройствами для обработки данных сами должны являться компонентами системы производства.

Достижения современной квантовой оптики и электроники позволяют уже сегодня широко использовать непосредственно на производстве для высокоточ-

ного измерения длин в качестве эталона (не уступающего по точности «спрятанному» в недрах метрологических институтов) длину волны стабилизированного гелий-неонового лазера.

В Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР разработан цифровой лазерный измеритель перемещений, предназначенный для измерения расстояний между двумя положениями объекта с погрешностью 0,1 мк.

Прибор основан на интерференционном методе сравнения измеряемого перемещения с естественной константой — длиной световой волны. В качестве источника применяется разработанный в ИАЭ малогабаритный гелий-неоновый лазер, стабилизированный по «провалу» Лэмба. Прибор выполнен на отечественных интегральных схемах; в нем предусмотрено непосредственное соединение с ЭВМ и программными управляющими устройствами. В 1970 году Новосибирский приборостроительный завод выпустит опытную партию измерителей.

Другим устройством получения первичной информации является лазерный измеритель скоростей потоков жидкостей и газов в гидро- и аэродинамических исследованиях (определение профиля скоростей по сечению потока, исследование пограничного слоя, явлений турбулентности). Метод основан на выделении доплеровского сдвига частоты в свете, рассеянном примесными микрочастицами в потоке. В отличие от применяемых в настоящее время методов термоанемометрии лазерный луч не вносит возмущений в исследуемый поток.

И еще один из примеров современного физического измерения — метод одновременного определения в пространстве мгновенных локальных значений электронной плотности и электронной температуры на фронте ударной волны в плазме.

Эксперименты проводились в ИЯФ на установке, предназначенной для исследования структуры квазистационарных ударных волн, образующихся при обтекании тела сверхзвуковым потоком плазмы со скоростью $1,2 \cdot 10^7$ см/сек., при плотности $2 \cdot 10^{14}$ см³.

Лазерным лучом (время излучения $20 \cdot 10^{-9}$ сек., мощность 250 мВт) зондируется заданное направление во фронте ударной волны. С помощью импульсных электронно-оптических преобразователей регистрируется изображение изучаемого участка в свете лазерного излучения, рассеянного электронами плазмы, несущее информацию об электронной плотности и температуре плазмы. Для сверхскоростной записи спектров и контуров спектральных линий в институте создана электронно-оптическая система «Спектр-1» на базе диссектора, разработанного ОКБ совместно с институтом. «Спектр-1» обладает временным разрешением в несколько наносекунд.

Мы стремимся к тому, чтобы любой первичный преобразователь, разработанный в институте, мог «стыковаться» с устройством ввода информации в ЭВМ. Ввод в ЭВМ изображений, зафиксированных на фотопленке, являющейся, таким образом, буферной памятью, может осуществляться с помощью сканирующего автомата, разработанного в институте. Автомат построен на принципе просмотра кадра фотопленки бегущим точечным световым пятном, сформированным на экране электронно-лучевой трубки. Погрешность измерения положения пятна на плоскости не превышает 0,1 процента от линейного размера кадра. С помощью электронного умножителя, расположенного за кадром, может быть отсчитана в дискретном виде оптическая плотность любого из участков фотоматериала. Коды координат точек изображения и оптической плотности передаются непосредственно в ЭВМ. Устройства дискрет-

ной техники автомата также выполнены на отечественных интегральных схемах.

В практике научных исследований используются фотоснимки большого формата, которые содержат огромное количество информации. Обработка измерений такого рода связана с измерениями координат отдельных участков снимка с точностью до долей микрона. При этом приходится учитывать микроструктуру фотографического изображения. В институте разрабатывается автоматическая измерительная система, которая представляет собой также сканирующее устройство, отличающееся гораздо более высокой точностью. Оно будет работать совместно с ЭВМ, которая применяется и для обработки результатов, и для управления процессом измерения. При разработке системы используется целый ряд ранее выполненных работ института: лазерные измерители, электронно-оптическая система сканирования, точные электроприводы, алгоритмы оптимального управления и статистической обработки результатов измерения.

Как указывалось выше, очень важное значение имеет организация оперативной связи экспериментатора с вычислительной машиной. Эффективность всей системы измерения и обработки данных во многом зависит от правильного распределения «обязанностей» между человеком и ЭВМ (ЭВМ — быстрый счет, формальная логика; человек — принятие решений, интуиция, опыт и т. д.). Разработанное в институте графическое устройство «Экран» предназначено для представления информации в виде чертежей, графиков, текста и для ввода в ЭВМ графической и буквенно-цифровой информации. Устройство снабжено скоростной кинокамерой, печатающим устройством и так называемым световым пером. Все эти средства предоставляют экспериментатору широкие возможности для диалога с вычислительной машиной на языке графических образов. Кроме того, в институте ведутся работы по созданию отображающего устройства, которое будет входить в состав диспетчерского комплекса автоматизированной системы управления производством (АСУП).

Применение корреляционного анализа в научных исследованиях дает экспериментатору

ГОЛОГРАФИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

ГОЛОГРАФИЯ, охватывающая способы и технику регистрации и восстановления волнового фронта, — одно из значительных достижений оптики и квантовой электроники последнего времени.

В чем сущность голографического метода? Зрительный образ объекта характеризуется информацией об амплитуде и фазе отраженной им световой волны. Поставив на пути ее распространения фотопластинку, можно зарегистрировать лишь информацию об амплитуде, что представляет собой обычную фотографию. Если на ту же фотопластинку на-

править еще и опорную волну, когерентную с отраженной от объекта, то полученная интерференционная картина будет нести информацию не только об амплитуде, но и о фазе световой волны, то есть волновой фронт регистрируется полностью. Осветив затем полученную таким образом голограмму опорной волной, мы увидим объект точно таким же, как если бы смотреть на него через прозрачное стекло.

Идеи голографии значительно расширяют арсенал средств научных исследований, позволяя по-новому подойти к проблемам получения, обработки и хранения

информации.

Так, голография позволяет получить полную визуальную информацию об объекте или среде за весьма короткий промежуток времени. Объект, записанный на голограмме, можно измерять, фотографировать с различных точек, сравнивать с другими объектами (например, интерференционным методом) — короче, обращаться как с реальным объектом, но в более выгодных условиях и без ограничения времени.

Одной из наиболее замечательных особенностей голограммы является свойство хранить информацию о всем объекте в каждой точке голограммы. Поэтому с любой части голограммы можно восстановить изображение объекта, правда, худшего качества, но зато все, целиком. Это свойство позволило создать голографические запоминающие устройства, в которых огромная информационная емкость, присущая оптической памяти, сочетается с большой помехоустойчивостью и надежностью хранения информации.

Наконец, с возникновением голографии, позволяющей регистрировать информацию об амплитуде и фазе световой волны, другими словами — комплексную функцию,

появилась возможность создания принципиально новых систем обработки информации, в которых арифметические операции с действительными комплексными двумерными функциями, а также различные интегральные преобразования выполняются параллельно и практически мгновенно.

Голографические методы позволяют сделать шаг вперед в области измерения деформаций и вибраций. Датчики, которые обычно используются для измерения, оценивают деформации или вибрации отдельных точек объекта, а для получения достаточно полной картины часто требуется не одна тысяча датчиков. С помощью голографического метода можно получить информацию о перемещении всех точек объекта.

Как уже говорилось, если голограмму осветить лучом лазера, то там, где раньше помещался объект, мы увидим его изображение. Голограмма запоминает положение объекта. Когда объект перемещается, то восстановленное с помощью голограммы изображение и свет, отраженный от объекта в новом положении, интерферируют друг с другом. В результате видим объект, иссе-

ченный темными полосами. По картине этих полос можно судить о перемещении всех точек объекта.

Постановка работ по применению голографии требует наличия мощных лазеров со стабильными характеристиками, высокоразрешающих и в то же время достаточно чувствительных фотоматериалов, специальной высококачественной оптики, тщательной виброзащиты установки и т. д. Опыт, накопленный в институте в области квантовой электроники и измерения параметров механических движений, позволил развернуть в лабораториях А. Г. Козачка и Л. Д. Гика исследования по применению голографических методов для измерений деформаций и вибраций.

На голографической установке, созданной в институте при участии научных сотрудников А. М. Васильева и О. М. Карповой, имеется возможность получать высококачественные голограммы различных объектов. Более того, на данной установке удалось исследовать деформации некоторых специальных деталей, а также резонансные характеристики плоских пружин вибродатчиков.

Примером другой актуаль-

мощное, качественно новое оружие исследований, которое в некоторых случаях является наиболее ценным для достижения цели. Функции корреляции в современных методах имеют такое же значение, как частотные спектры. К сожалению, для большинства инженеров автокорреляционные и взаимные корреляционные функции не имеют такого значения, какое имеют частотные спектры; возможно, это является следствием недостатка опыта в применении корреляционного анализа и отсутствия соответствующих устройств обработки.

Одним из характерных применений метода взаимной корреляции можно назвать исследование в области гидродинамической турбулентности, когда измерительную информацию от потока получают в различных его точках. Величина максимумов корреляционных функций и время корреляции в этом случае дают четкое представление о турбулентных вихрях.

Только используя современные достижения электроники и опираясь на математический аппарат теории случайных функций, можно создать современные корреляционные устройства. Такие устройства работают в режиме с экспериментом и получают информацию непосредственно от датчиков, установленных на объекте.

В институте разработан аналого-цифровой оперативный коррелятор, вычисляющий в реальном масштабе времени одновременно 80 точек корреляционной функции; ведется разработка системы статистической обработки физической информации (СОФИ). Система предназначена для получения одновременных распределений, функций корреляции и энергетических спектров случайных сигналов в режиме с экспериментом в частотном диапазоне до 1 мГц. Применение СОФИ в процессе научных исследований даст возможность экспериментатору использовать статистические методы для идентификации случайных сигналов и осуществлять дальнейшую оперативную обработку на ЭВМ.

Новые возможности в создании систем сбора и обработки

информации появились с возникновением голографии. Голография позволяет получить полную визуальную информацию как с самого объекта, так и об изменениях, происходящих с ним в процессе исследования. С другой стороны, голографические методы, позволяющие регистрировать амплитуду и фазу световой волны, открывают перспективы создания принципиально новых систем обработки информации. В таких системах операции с действительными и комплексными двумерными функциями, в том числе и различные интегральные преобразования, выполняются параллельно и практически мгновенно.

Однако наличие уникальных результатов научно-исследовательских работ еще не означает широкого использования их на практике. Даже выпуск малыми сериями связан с огромными трудностями в сравнительно «простых» случаях, когда новый прибор в состоянии освоить один завод. Трудности неизмеримо возрастают, если освоение серийного производства требует кооперации нескольких заводов разного профиля (оптика, электроника, точная механика), принадлежащих нескольким министерствам.

Важнейшим залогом успешного технического прогресса является органическая связь между фундаментальными исследованиями и использованием их результатов на практике.

В Соединенных Штатах в настоящее время эксплуатируется более 40 тыс. ЭВМ, 60 процентов из которых составляют машины типа Н-Р 2116В (малые машины с памятью 8-64К и разделением времени). У нас мало ЭВМ в вузах и университетах (в США университетам ЭВМ поставляются фирмами за 25 процентов стоимости), вследствие чего ощущается недостаток специалистов кадров как технических, так и для создания математического обеспечения.

Количество машин и их качество соответствуют достижениям в электронной промышленности и ряде ведущих отраслей, технологический уровень которых и новые разработки, в свою очередь, зависят от уровня используемых ЭВМ.

Особенно критическая ситуация сложилась в связи с отсутствием современных вводных и выводных устройств и соответ-



Директор института, доктор физико-математических наук Ю. Е. Нестерихин.

ствующего математического обеспечения.

Аналогичное положение и с научным приборостроением: приборов современного уровня мало, вследствие отношения в перспективном направлении внутри отдельной отрасли, как к второстепенным; сложных комбинированных приборов недостает в связи с трудностями разработок новых комплектующих устройств, выпускаемых другими отраслями. Здесь основным является вопрос научно-технической разобщенности отраслей в связи с отсутствием перспективного планирования.

К трудностям чисто научно-технического характера добавляются административные, на преодоление которых иногда требуются годы. Широкое проведение перспективной технической политики сегодня сдерживается плановыми показателями предприятия, что часто приводит к «натуральному хозяйству» внутри отрасли и к кустарничеству внутри отдельных организаций. Система планирования и экономическое стимулирование должны обеспечить организационную связь между фундаментальными исследованиями и их практической реализацией.

т. е. промышленной структурой.

В. И. Ленин считал создание государственной сети научно-исследовательских институтов и организаций научно-прикладного характера одной из необходимых мер сближения науки с производством и предупреждал, что механическое расширение сети институтов прикладного профиля, не опирающихся на научные школы и высококвалифицированные кадры, может привести к созданию малоэффективных учреждений.

В Сибирском отделении развиваются новые формы использования результатов исследований по фундаментальным проблемам при решении прикладных задач. Ряд промышленных отраслей по решению Совета Министров создают в Правых Чемах специализированные конструкторские бюро под научным руководством институтов Сибирского отделения. Заблаговременно решается вопрос подготовки молодых кадров при Новосибирском государственном университете.

Конечно, это не исключает других возможных подходов к решению быстрее внедрения новых разработок, так необходимых нашей науке и промышленности. Опыт многолетнего взаимодействия ИАиЭ с

предприятиями Новосибирска свидетельствует о возможности осуществления совместно подготавливаемой программы широкой кооперации с рядом специализированных заводов. Успешное внедрение на приборостроительном заводе им. В. И. Ленина лазерного измерителя перемещений, подготовка его к серийному производству с учетом технологии указанного предприятия и использование комплектующих устройств и элементов позволяют надеяться на освоение в самые короткие сроки большинства из 30 законченных разработок, так необходимых ведущим отраслям и науке. Параллельное проведение во времени НИР и ОКР совместно с СКБ новосибирских предприятий позволит сократить внедрение новых устройств до 8-12 месяцев. Еще в 1918 г. В. И. Ленин указывал на три основных канала взаимодействия науки и производства: техника, технология и организация производства при единых комплексных планах в сфере исследований и технического прогресса, обеспечивающих подлинно коллективные формы труда.

Сегодня, как никогда, необходима интеграция науки с производством при межотраслевой кооперации предприятий.

ной задачи является автоматизация информационно-поисковых работ в химии, биологии, геологии, метеорологии и т. д. Эти работы часто проводятся с каталогами типовых одно- или двумерных изображений. При этом поиск ведется, как правило, с целью отбора (выбора) таких изображений, которые удовлетворяют заданной совокупности признаков. Например, признаками могут быть спектральные, физико-

химические и структурные характеристики органических соединений. Трудности здесь определяются главным образом тем, что каталоги содержат десятки, сотни тысяч изображений. Поэтому приборы, автоматически выполняющие функции поиска, должны обладать большим объемом памяти и значительным быстродействием, а также допускать восприятие и обработку информации об изображениях без

предварительного ее числового кодирования.

Указанным требованиям во многом удовлетворяют информационно-поисковые устройства, реализуемые при помощи элементов оптики, голограмм и когерентных источников света. Исследования и созданию таких устройств в институте уделяется значительное внимание. В сравнении с информационно-поисковыми системами, создаваемыми на базе ЦВМ, при близких с ними характеристиках точности и быстродействия они будут иметь преимущества: меньшие габариты и стоимость, отсутствие необходимости в числовом кодировании информации о сравниваемых изображениях.

В прошедшем году научными сотрудниками Е. С. Нежевенко, И. С. Гибиным, Г. А. Воскобойников, Ю. В. Чугуем и другими разработан экспериментальный макет информационно-поискового устройства, которое предназначено для определения численных мер «близости» сравниваемых графических изображений. В устройстве имеется блок голограммной памяти, назначение которого состоит в хранении большого числа фурье-голограмм, получаемых с изобра-

жений каталога. Так, количество голограмм, размещаемых на фотопластинке размером 9×12 см, составляет 1000 и более. Меняя угол опорного пучка, на одной голограмме можно зарегистрировать информацию о нескольких изображениях, которые затем раздельно восстановить по желанию оператора с целью визуального сравнения с некоторым заданным (входным) изображением.

Работоспособность макета устройства и его основные характеристики проверены на примере отбора близких изображений инфракрасных спектров поглощения химических веществ, представленных учеными Института органической химии СО АН.

В настоящее время ведутся дальнейшие работы по повышению быстродействия и увеличению объема голограммной памяти информационно-поисковых устройств.

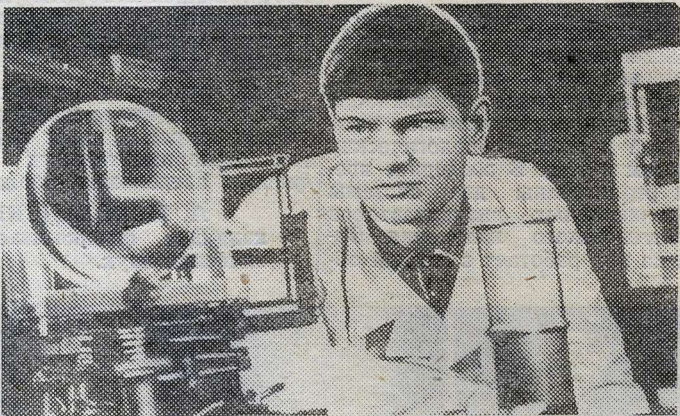
Приведенными примерами не ограничиваются возможности использования голографических методов в автоматизации научных исследований. Голография с использованием мощных импульсных лазеров позволяет изучать нестационарные процессы, такие, как потоки жидкости, газовые струи,

ударные воздействия. Наблюдая объект через голограмму, которая зафиксировала его первоначальное положение, исследователь получает систему так называемых «живых» интерференционных полос, несущих полную информацию об изменениях объекта во времени.

Несомненно, что голографические методы внесут свой вклад в совершенствование некоторых технологических процессов. Голограммы могут быть использованы как бесконтактные маски при производстве печатных микросхем. С помощью голограмм может осуществляться бесконтактный контроль при изготовлении ряда деталей.

Такие преимущества голографических методов, как возможность записи объемных изображений и их предварительной обработки, получение полной информации о состоянии всех точек объекта, огромная чувствительность и точность, быстрота в реализации трудоемких операций обработки сигналов обеспечат широкое применение голографии в автоматизации научных исследований.

Ю. СОЛОДКИН,
П. ТВЕРДОХЛЕБ,
кандидаты технических наук.



В институте разработана установка, позволяющая получать высококачественные голограммы и исследовать деформации различных объектов. На снимке: научный сотрудник А. М. Васильев за работой на голографической установке.



В. И. ЛЕНИНУ ПОСВЯЩАЕТСЯ

ДЕНЬ
НАУКИ 19

АНАЛИЗИРУЯ тенденцию развития современной науки, нетрудно заметить основную закономерность — стремление изучать явления природы, характеризующие малыми пространственными и временными масштабами.

Получить информацию о временном ходе процесса можно либо прямым путем — непосредственно наблюдая его изменения, либо косвенным — на основе статистического анализа характеристик, не имеющих явно выраженной зависимости от времени. Приборы и методы, призванные обеспечить получение «непосредственной» информации в ходе процесса, и являются основой тематики лаборатории импульсных методов измерений нашего института. Например, аппаратура для регистрации быстрых процессов является основой экспериментальных методов исследования многих физических явлений. Среди них следует назвать в первую очередь импульсные процессы (генерация света твердотельными лазерами, электрический пробой, процессы, разыгрывающиеся в лабораторной плазме при ее нагреве и удержании, процессы в космической плазме, горение и взрыв).

Аппаратура для регистрации импульсных процессов необходима, как правило, исследовательским организациям, что и определяет специфику самих приборов. Они должны обладать «предельными» параметрами, то есть возможно большей квантовой чувствительностью, обеспечивать временное разрешение. Как известно, большее, чем характерная длительность самого изучаемого явления, иметь достаточную информационную пропускную способность.

При обработке полученного в результате эксперимента массива данных, необходимо иметь теоретические предпосылки, обеспечивающие рациональный путь нахождения требуемых параметров и оценок точности результата. Как известно, большая информация об исследуемом процессе извлекается с помощью многоканальных регистраторов. В применении к регистраторам излучений «многоканальность» обеспечивается устройствами, принимающими и обрабатывающими изображения. К этим устройствам можно отнести электронно-оптические фоторегистраторы и различные модификации телевизионных регистраторов рентгеновского излучения.

Принцип, положенный в основу электронно-оптической фоторегистрации, сводится к следующему. Изображение объекта проектируется на фотокатод электронно-оптического преобразователя (ЭОП). Электронное «изображение» проектируется на люминесцентный экран, где вновь становится видимым. При изучении объектов с изменяющейся во времени яркостью можно осуществить два режима работы:

регистратора — кадровый, в котором электронное изображение поступает на экран в течение малого временного интервала, и хронографический режим развертки одномерного изображения (на фотокатод спроектирована щель). В этом режиме электронное изображение щели перемещается по экрану с помощью отклоняющих пластин, то есть пространственная картина, зафиксированная на экране, отображает времен-

демонстрировалась на выставке 8-го Международного конгресса по высокоскоростной фотографии, и по многим основным параметрам оказалась лучше зарубежных образцов. В 1969 году оба регистратора были удостоены диплома I степени и золотых медалей ВДНХ.

Приведенная ниже фотография иллюстрирует методические возможности аппаратуры. Здесь представлена последовательность снимков, полученных

© В двадцати городах Советского Союза внедрено более 40 крупных научно-технических разработок института.

© По заказу промышленности, сельского хозяйства и научно-исследовательских организаций Новосибирска и других районов Сибири разработано и изготовлено 57 приборов.

© Экономический эффект от использования в народном хозяйстве менее 1/3 разработок института составляет 15 млн. руб.

© В стадии внедрения находятся 23 научно-исследовательские работы.

© Институт имеет научные связи с 100 организациями 39 городов.

© Комитет по делам изобретений и открытий по разработкам института выдал 320 авторских свидетельств на изобретения.

© Авторы 14 разработок института награждены медалями ВДНХ: 1 — золотая, 7 — серебряных, 29 — бронзовых.

© Институт удостоен дипломов ВДНХ I и II степеней.

© Сотрудниками института опубликовано более 1000 статей и монографий.

ностями импульса излучения $10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-8}$ секунд для источников с безнакальными катодами и $10^{-5} \div 10^{-3}$ секунд для рентгеновских трубок с термо-

ластами рентгеновского спектра с применением новых типов рентген-видиконов. Другая регистрирует импульсные процессы; в ней имеется так называемая оптическая память, где изображение сохраняется в течение 10—15 минут. Это позволяет при необходимости ввести изображение непосредственно в ЭВМ, минуя обычный этап — фиксацию его на фотопленке.

В рассматриваемой нами проблеме имеется два узловых момента — конструирование электронной оптики ЭОП (нахождение оптимальной конфигурации электрических и магнитных полей) и обработка изображений (устранение шума, выделение интересующих деталей и т. п.). И в том, и в другом случае невозможно обойтись без помощи ЭВМ.

Так, например, нахождение оптимальной электронной оптики по заданным свойствам изображения осуществляется по нашим исходным данным на ЭВМ в ГОИ (Ленинград), машинная проверка рассчитанных конструкций и моделирование мешающих факторов — в ВЦ СО АН СССР. Вывод данных из ЭВМ в графической форме (в том числе математическое обеспечение вывода) обеспечивает Институт автоматики и электрометрии.

После проведения необходимых расчетных работ, СКБ реализует опытные конструкции ЭОП. Параллельно в нашей лаборатории готовятся радиотехническое оснащение прибора. Это дает возможность резко сократить срок окончательной реализации прибора и завершить разработку в течение одного-двух лет.

Что касается систем машинной обработки изображений, зафиксированных с экрана ЭОП и телевизоров на фотопленке, то здесь ввод изображений в ЭВМ может осуществляться с помощью сканирующего автомата. В настоящее время готовится аппарат для ввода в ЭВМ изображений непосредственно с мишеней видиконов. Эта аппаратура использует логику сканирующего автомата и рентген-телевизионные регистраторы. Некоторые теоретические проблемы, возникающие при обработке сверхслабых изображений, также решаются в стенах нашего института. В частности, найден алгоритм поиска изображений определенного класса в реализации с большим уровнем шума.

Нам кажется, что уже сейчас лаборатория имеет возможность решать широкий класс трудных экспериментальных задач физики, астрономии, биологии.

А. ИСКОЛЬДСКИЙ,
кандидат физико-математических наук.

РЕГИСТРАЦИЯ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В ВИДИМОЙ И РЕНТГЕНОВСКОЙ ОБЛАСТЯХ СПЕКТРА

ное изменение интенсивности входного светового потока.

Остановимся на характеристике некоторых типов регистраторов, разработанных нами совместно с ОКБ. Регистратор с оптически разделенными каналами «Кадр-4-ЗИМ» обеспечивает съемку процесса четырьмя кадрами с минимальной длительностью экспозиции в одну миллиардную долю секунды. В каждом из каналов регистратора установлен ЭОП типа ЗИМ, на контейнере которого закреплены входной объектив и фотоприставка для съемки изображения с люминесцентного экрана. По существу прибор представляет собой 4 «фотоаппарата», имеющих выдержку $\approx 10^{-9}$ сек. Такая конструкция позволяет производить съемку одного и того же явления под разными углами, фиксировать фазы процесса, отличающиеся по яркости в сто тысяч раз. Временной интервал между кадрами можно плавно изменять за счет различного удаления преобразователей от объекта съемки, используя на практике конечность скорости распространения света. Прибор «Кадр-4-ЗИС» базируется на преобразователе ЗИС-1 с отклоняющими пластинами, то есть помимо кадрового режима (минимальная экспозиция 10^{-8} сек.), может работать в режиме хронографической развертки с разрешением во времени $(2 \div 3) \cdot 10^{-10}$ сек.

В 1968 году эта аппаратура

одновременно, на которых зафиксировано изменение структуры светового пучка рубинового лазера с модулированной добротностью. Сняты стадии, предшествующие возникновению гигантского импульса. Каждый кадр имеет выдержку $2,10^{-9}$ сек. Интервал между кадрами тот же. Яркость первого кадра меньше яркости последнего в десять тысяч раз.

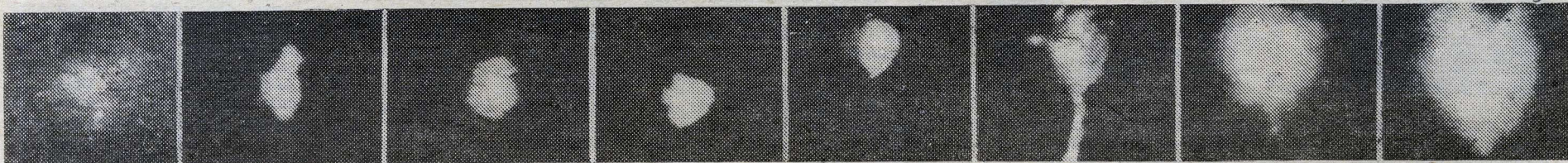
В тех случаях, когда исследуются менее яркие процессы и изображение на экране преобразователя (ЗИМ, ЗИС) оказывается слишком слабым, оно может быть усилено в миллион раз с помощью многокаскадных усилителей яркости. Это тоже электронно-оптические преобразователи, имеющие весьма широкую область применения при регистрации сверхслабых свечений. Их можно характеризовать следующими цифрами: уверенно (с вероятностью 90%) регистрируется 1 из 10 фотонов синей области спектра. Интенсивность шума этих приборов 0,01 «шумовой» отсчет на разрешаемый элемент в секунду.

Аппаратура для рентгеновской области спектра работает несколько иначе. Малость длительности экспозиции рентгеновских регистраторов задается временем рентгеновской вспышки, освещающей исследуемый объект. Импульсные источники рентгеновского излучения, применяемые в наших экспериментах, характеризуются длитель-

катодами. Теневая картина изучаемого объекта формирует потенциальный рельеф на чувствительной к рентгеновскому излучению мишени видикона передающей телевизионной трубки. Считывание изображения может осуществляться обычными методами на серийных телевизионных установках.

В последние годы наметился прогресс в развитии телевизионного метода визуализации благодаря применению в качестве мишеней видиконов новых стеклообразных полупроводниковых материалов, чувствительных как в оптической, так и в рентгеновской областях спектра. Поэтому одна из основных задач здесь — синтез и исследование соответствующего слоя. Эта работа ведется в нашей лаборатории группой В. Г. Цукермана в тесном контакте с физико-техническим институтом имени А. Ф. Иоффе.

Совместно с другими организациями разработаны три типа экспериментальных рентген-видиконов с бериллиевыми входными окнами, чувствительных к мягкому рентгеновскому излучению с энергией $3 \div 70$ кэВ. Они открывают широкие возможности при диагностике потоков жидкостей и газов, биологических систем и т. д. В последнее время реализованы две системы телевизионных визуализаторов рентгеновского излучения. Одна из них работает в мягкой об-





Кандидат технических наук Б. Г. Матиенко (слева) и младший научный сотрудник А. М. Щербаченко обсуждают конструкцию цифрового лазерного измерителя перемещений.

ЯВЛЕНИЯ интерференции световых волн, хорошо изученные в начале нашего века, служили наиболее тонким методом при проведении фундаментальных физических экспериментов и точных измерений различных физических величин. Однако вплоть до последних лет масштабы применения интерференционных приборов в практике научного эксперимента были чрезвычайно ограниченными. Это объяснялось прежде всего тем, что способы получения света до появления оптических квантовых генераторов были исключительно примитивными. В связи с этим экспериментатору приходилось использовать сложные оптические схемы, трудные в изготовлении, а порой уникальные оптические элементы. На разработку методов измерений, выбор удачной схемы, создание прибора и его усовершенствование уходило обычно десятки лет исследований. Так, например, классическая схема интерферометра Жамена, появившаяся в пятидесятых годах прошлого столетия, стала широко использоваться для технических измерений только через сто лет.

Появление лазеров революционным образом изменило методы научного эксперимента и опрокинуло барьеры, ограничивающие широкое применение этого класса приборов для измерительных целей. Высокая пространственная и временная когерентность, малая угловая расходимость и огромная мощность лазерного излучения позволяют осуществлять элементарно простые практические схемы интерферометров, а использование современной оптоэлектроники и цифровой техники помогает автоматизировать

производятся путем сравнения с естественной константой — длиной световой волны — и в связи с этим обладают высокой воспроизводимостью, то станут понятны те выгоды, которые несут такого рода устройства. Два первых образца лазерных измерителей перемещений прошли лабораторные испытания и встроены в прецизионный координатно-расточной станок, созданный владимирскими машиностроителями. Это первый опыт в практике мирового станкостроения. Он показывает, что, помимо высокой точности нового устройства, его малых габаритов, отсутствия износа, простоты и высокой скорости счета, значительно упрощается структура станка, а возможность введения поправок на величину коэффициента линейного расширения сопрягаемых деталей и внешние условия позволит сократить допуски и по-

эти методы обещают качественный скачок в области экспериментальных исследований явлений турбулентности. Создаваемый в институте лазерный доплеровский измеритель позволяет с высокой точностью определить среднюю скорость потока с представлением результатов в цифровом виде, а также получать сигнал, пропорциональный мгновенной скорости, обработка которого дает возможность получить количественные характеристики турбулентности. В тех случаях, когда смещение объекта, связанного с одним из зеркал интерферометра, приводит к наклону интерференционных полос, удается строить высокоточные приборы, позволяющие определять положение объектов. Причем, эти объекты могут быть расположены на больших расстояниях, что в практическом отношении

зерка селективным отражателем, снижающим добротность оптического резонатора на нежелательных видах колебаний. Существенным элементом таких селективных отражателей в одном случае является тонкая поглощающая металлическая пленка, а в другом — специальная дифракционная структура. Как оказалось, разработанные типы селективных отражателей при некоторой модификации могут быть использованы вне лазера в качестве отражателей интерферометра с новыми интересными в практическом отношении характеристиками. Они позволяют построить интерферометр типа классического интерферометра Фабри-Перо, обладающий свойствами, неизвестными ранее для этого класса приборов. Особенно эффективным оказывается применение лазерных интерференционных приборов

ЛАЗЕРНЫЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

процесс измерения на этих приборах.

Выходное поле интерферометра — темные-светлые чередующиеся полосы. В зависимости от вида измерительной информации это поле используется самым различным образом.

Если определяется смещение полос в выбранной точке, то по их числу можно найти величину разности хода интерферирующих пучков и, следовательно, судить с высокой степенью точности о длине и значениях физических величин (скорости, ускорения, силе и т. п.), которые могут быть выражены через длину.

Используя явление интерференции световых волн, сотрудники института создали два инструмента, один из которых предназначен для высокоточных определений перемещений, а другой — для бесконтактного измерения скорости вибраций. В этих приборах лазерные интерферометры сочетаются с быстродействующими фотоэлектронными системами, позволяющими полностью автоматизировать процесс измерения.

Лазерный интерферометр для определения перемещений обладает уникальными техническими характеристиками этого класса приборов. Большие пределы измерений (до 3 м) сочетаются с малой ценой деления (0,0001 мм) и высокой точностью (0,0005 мм на один метр). Если учесть, что измерения

высить взаимозаменяемость изделий.

Следует еще раз подчеркнуть, что, когда удается вывести информацию, полученную интерферометрическими методами в цифровой форме, появляется возможность непосредственной связи между первичным измерителем и ЭВМ, что во многих случаях абсолютно необходимо.

Другой лазерный интерферометр основан на том же принципе, что и измеритель перемещений, но иной способ обработки интерференционного поля позволяет проводить измерения виброскоростей от 0,1 до 999 мм/сек. в диапазоне частот от 5 до 1000 гц с погрешностью 0,2 процента.

Интерференционные приборы дают возможность измерять скорость не только твердых подвижных объектов, но и потока жидкости или газа с высоким временным и пространственным разрешением. При этом измерительной системой не вносится возмущение в поток, а сам метод, основанный на выделении доплеровского сдвига частоты в свете, рассеянном примесными частицами в жидкости или газе, является абсолютным и не требует дополнительной градуировки.

Таким образом, открывается возможность проведения весьма тонких экспериментов в гидродинамике, теплофизике, океанологии и т. д. В частности,

важно при строительстве уникальных сооружений и монтаже современных машин. В институте созданы два интерферометра разного типа, с их помощью определяют положение объектов, находящихся на расстояниях до 100 метров с относительной погрешностью, равной 1:10⁻⁶. Один из приборов испытывался при монтаже оборудования в авиационной промышленности.

Лазерные интерферометры, создаваемые в институте, предъявляют особые требования к самим оптическим квантовым генераторам. Известно, что частотный спектр излучения лазера обычно довольно сложен. Генерация происходит, как правило, на нескольких частотах. Этот эффект особенно заметен в лазерах средней и высокой мощности, имеющих резонатор большой длины. В результате такого «усложнения» спектра область применения лазеров значительно сужается.

У нас разрабатываются методы селекции видов колебаний оптических резонаторов и стабилизации частоты их излучения. Цель работ — создание мощных хроматических лазеров большой мощности, которые найдут применение в системах оптической обработки информации, объемной голографии и т. п. В настоящее время исследуются два новых высокоэффективных метода селекции, основанных на замене одного из зеркал ла-

в сочетании с электронно-оптическими регистраторами. Эта аппаратура позволяет следить за динамикой поля интерференции в кадровом режиме с временем экспозиции 10⁻⁹ сек. и в режиме хронографической записи с временным разрешением 10⁻¹¹ сек.

В качестве примера подобного комплекса можно назвать комбинированный прибор для исследования динамики спектрального состава лазерного излучения. Этот прибор представляет собой лазерный спектрометр (на базе интерферометра Фабри-Перо) в сочетании с электронно-оптическим регистратором «Кадр-4-ЗИС».

Надо сказать, что лазерная интерферометрия находится в детском возрасте. Ее измерительные возможности не только не исчерпаны, но еще далеко не осознаны. Широкая область применений — от измерения сдвига континентов до определения перемещения в станках — только начинает привлекать к себе внимание. Следует учитывать, что темп развития квантовой электроники чрезвычайно высок, очень высока и экономическая эффективность новых устройств.

Новые измерительные инструменты внесут несомненный прогресс, особенно в области широкой автоматизации научного эксперимента.

В. КОРОНКЕВИЧ,
кандидат технических наук.

ОСНОВНАЯ задача современной биофизики заключается в исследовании физико-химических процессов, происходящих в живой природе, для построения микроскопической теории жизненных явлений, которая должна раскрывать молекулярные особенности процессов жизнедеятельности биосистем и в особенности учитывать акты испускания — поглощения фотонов в квазикристаллических ансамблях клетки.

Исследования, проводимые в институте, посвящены изучению таких процессов, протекающих в живых клетках, которые непосредственно связаны с динамикой их элементарной структуры. Речь идет о спонтанной сверхслабой люминесценции и электрической активности клеток и, прежде всего, о взаимоотношении этих явлений. В связи с высокой упорядоченностью клетки эти процессы несут богатую информацию о ее функциональном состоянии. Изучение спонтанной люминесценции и электрической импульсной активности (присущей, например, нервным клеткам) позволяет надеяться найти новые пути к

ОПТО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

управлению биосистемой и, возможно, к использованию ее в качестве обучаемой среды для обработки информации, закодированной в последовательности определенных оптических и электрических сигналов.

Главным в решении задачи подобного рода является использование в биофизическом эксперименте простых клеточных систем, основные свойства которых (рост, установление функциональных контактов и пр.) могут управляться экспериментатором. Подобные исследования проводятся в группе М. Б. Штарка на крупных нейронах, на системе нейронов беспозвоночных, а также на культуре живых глияльных и нервных элементов (работа проводится совместно с

Институтом математики СО АН СССР и Новосибирским медицинским институтом). Обучение таких клеточных систем контролируется прежде всего по изменениям их электрических и оптических характеристик. Здесь, естественно, возникает необходимость сопоставления статистического анализа изучаемых фотонов и электрической активности клеток.

Регистрация излучаемых живой клеткой фотонов представляет собой сложную задачу для современной экспериментальной физики. В содружестве с другими лабораториями института разработан метод регистрации оптической активности отдельных клеток с помощью электронно-оптических преобразователей. Разработан-

ный метод дает возможность измерять абсолютную интенсивность свечения, исчисляемую единичными фотонами на клетку в секунду, и позволяет оценить спектральный состав и геометрию свечения клетки относительно ее структур (ядро, митохондрии и др.).

Для повышения эффективности работы регистрирующей аппаратуры в лаборатории для обработки оптической информации используется коррелятор, позволяющий выделить полезный сигнал на фоне шумов, превосходящих его в 500 раз.

Для выяснения типа химических взаимодействий, ответственных за испускание фотона клеткой, в лаборатории разрабатывает с я импульсный метод измере-

ния времени затухания флуоресценции белков и нуклеиновых кислот живой клетки. Импульсный флуориметр, разрабатываемый для этой цели, позволит оценить вклад конформационных превращений макромолекул в сверхслабое свечение клеток.

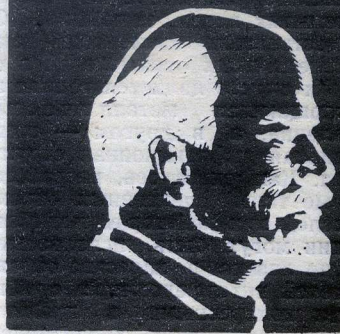
Задачи ввода оптической информации в биологическую среду решаются с помощью специальных световодов — фоконов, по которым оптический сигнал подводится непосредственно к мембране клетки, так как диаметр конца фокона равен 1—2 мк, а диаметр клетки — 30—100 мк. Впервые было показано, что лазерное излучение, в силу своей когерентности, способно вызывать в клетках первичные фотохимические реакции.

Таким образом, применение методов современной экспериментальной физики в биологии помогает решать фундаментальные задачи этой науки, а также позволяет надеяться на успешное использование возможностей биофизики в разрешении сложных технических проблем.

С. ШУРИН,
кандидат медицинских наук.

В. И. ЛЕНИНУ ПОСВЯЩАЕТСЯ

ДЕНЬ НАУКИ 19



УСПЕШНОЕ проведение сложного научного эксперимента, оптимальное управление автоматизированным производством и повышение его технического уровня, качество и надежность выпускаемой продукции — все это в значительной степени определяется своевременностью сбора и точностью количественной оценки информации от объекта исследования, управления или контроля.

Интенсивное развитие науки и техники потребовало совершенствования методов и средств сбора измерительной информации. Возникли задачи получения большого ее количества, повышения точности, скорости и надежности измерений, оперативной обработки результатов. При этом в большинстве случаев экспериментатор, вооруженный простейшими неавтоматическими измерительными устройствами, не в состоянии справиться с переработкой большого объема информации. Поэтому одной из актуальных проблем является создание автоматически действующих цифровых измерительных устройств, которые способны полностью или максимальным образом автоматизировать процесс сбора и обработки измерительной информации.

Решение этой проблемы тесно связано с разработкой автоматических цифровых измерительных приборов общего назначения, которые могли бы использоваться при лабораторных исследованиях как для измерения и контроля электрических величин, так и для ввода цифровой информации во внешнее регистрирующее устройство или ЭВМ.

Исходя из этого, в институте проведены широкие исследования, в результате которых разработаны и переданы промышленности ряд автоматических цифровых приборов с весьма высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Разработанный В. М. Беловым, А. Е. Подзным и В. А. Буровцевым универсальный автоматический цифровой вольтметр переменного и постоянного токов, благодаря предложенной в институте ори-

гинальной структурной схеме, превосходит по совокупности параметров (точность, быстродействие, чувствительность, полоса частот измеряемых периодических напряжений) известные приборы подобного назначения, разработанные в последние годы в СССР и за рубежом.

нального автоматического цифрового измерительного устройства для определения интегральных характеристик низкочастотных процессов.

Высокую оценку специалистов получил разработанный А. М. Щербаченко и М. И. Алкаевым восьмиканальный преоб-

ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

АЦВ-10 обеспечивает класс точности 0,05 процента — в полосе звуковых и 0,1 процента — в полосе ультразвуковых частот, а чувствительность его на переменном токе составляет один микровольт. В настоящее время разрабатывается вольтметр с подобными параметрами в микроэлектронном исполнении для передачи в серийное производство.

Представляет интерес разработанный Г. Г. Матушкиным, В. В. Курочкиным, С. Н. Куликовым, Е. А. Фигуровским, В. М. Ефановым автоматический цифровой вольтметр постоянного тока, выполненный полностью на микроэлектронных элементах и предназначенный для работы в измерительной системе сбора и обработки данных при испытании сложных объектов. Этот прибор может выполнять тысячи измерений в секунду, при этом погрешность измерения не превышает $\pm 0,03$ процента.

В научных экспериментах и производственной практике нередко встречаются задачи определения интегральных характеристик низкочастотных периодических или случайных процессов. Как показали исследования, проведенные в институте, при создании таких измерительных устройств целесообразно использовать вычислительные методы определения интегральных характеристик, реализация которых позволяет избежать громоздких элементов аналоговой техники. В настоящее время по результатам исследований, проведенных И. И. Коршевым, В. П. Кирияновым и П. М. Цепенко, изготавливается первый образец многофункцио-

разователь «частота—код», предназначенный для автоматического ввода в управляющую вычислительную машину «Днепр-1» информации, поступающей от индукционных и вибродатчиков расхода. Особенностью данного устройства является его способность измерять или контролировать частоту по каждому периоду сигнала частотного датчика, что необходимо при исследовании переходных режимов. Преобразователь выполнен на интегральных микросхемах, его погрешность не превышает 0,1 процента.

Применение микросхем значительно уменьшает вес и габариты аппаратуры и, самое главное, резко увеличивает надежность ее работы. При этом приобретают особое значение исследования по прогнозированию надежности самих микросхем путем анализа результатов измерений комплекса специально выбранных параметров.

Проведение таких исследований прежде всего связано с использованием комплекса специализированной измерительной аппаратуры, обеспечивающей высокую точность измерений параметров микросхем. С другой стороны, поскольку подобного рода исследования должны иметь массовый характер, процесс измерения их параметров необходимо всемерно автоматизировать. Сотрудниками института Н. И. Гореликовым, А. И. Ильенковым, Г. Г. Матушкиным, В. М. Ефановым, В. В. Курочкиным, С. Н. Куликовым, Е. А. Фигуровским, Г. И. Кулагиным, В. И. Харитоновым и другими создан первый в Советском Союзе образец автоматизирован-

ной системы измерения параметров логических интегральных микросхем с выводом результатов измерений на цифровой регистратор, или при необходимости — непосредственно на ЭВМ для дальнейшей их обработки. Измерительная система в целом состоит из термостата, в котором размещаются испытываемые микросхемы, комплекса измерительных устройств, осуществляющих последовательное измерение заданных параметров микросхем через специальные коммутаторы, и цифрового регистрирующего устройства, регистрирующего результаты измерений. Выбор измеряемых параметров, а также диапазонов их измеряемых значений произведен с учетом основных физических явлений, обуславливающих надежность микросхем. Система позволяет автоматически измерять и регистрировать в цифровом виде результаты измерений восьми

параметров, причем некоторые из измерителей системы (такие, как измеритель шума, измеритель слабых токов и измеритель динамических характеристик микросхем) обладают уникальными характеристиками. Все измерители, входящие в систему, конструктивно и функционально разработаны таким образом, что они могут быть использованы вне системы как автономные автоматические цифровые приборы, у которых результаты измерений либо индицируются на цифровых газоразрядных индикаторных лампах для визуального наблюдения, либо выводятся на цифровое печатающее устройство или ЭВМ.

Проведенные исследования позволяют в настоящее время приступить к разработке измерительно-информационных систем для контроля параметров интегральных схем с повышенным уровнем интеграции, так называемых больших интегральных схем, с одновременным проведением обработки результатов измерений для определения неисправности и прогнозирования их надежности.

Одной из областей широкого применения цифровой техники становится в последние годы область автоматического измерения пассивных параметров электрических цепей и их элементов: емкости, индуктивности, активного сопротивления, добротности, тангенса угла потерь, постоянной времени и др. Именно этими параметрами характеризуются главным образом все пассивные (да и активные) элементы электрических цепей, различного рода электрические датчики неэлектрических величин.

В нашей стране и за рубежом уже имеется ряд разработок цифровых приборов для измерения пассивных электрических параметров, причем приоритет в создании одного из них — первого отечественного цифрового измерителя емкости, выпускаемого в настоящее время отечественной промышленностью, — принадлежит нашему институту. Однако возрастающие потребности измерительной практики выдвигают новые требования к точности, быстродействию и надежности таких приборов. Возникла необходимость работы не на одной постоянной частоте, что характерно для всех уже известных приборов, а в непрерывном диапазоне частот. Над решением такой задачи и работает в последнее время лаборатория, руководимая К. М. Соболевским. Здесь группой сотрудников (Б. Н. Панков, Т. Н. Мантушев, В. Е. Буттом, В. И. Титковым, Л. А. Брюховым и др.) успешно завершаются работы по созданию автоматического цифрового измерителя параметров широко используемых индуктивных объектов — катушек индуктивности с ферритовыми сердечниками в непрерывном диапазоне частот с возможностью установки поддержания в процессе измерения на исследуемом объекте заданного энергетического режима. По имеющимся данным, прибор, по техническим характеристикам подобных разрабатываемому, нет ни в нашей стране, ни за рубежом. Назначение прибора — автоматически измерять в режиме заданного напряжения индуктивность от единиц микрогенри до сотен миллгенри и тангенса угла потерь от 0,001 до 1,0, в диапазоне рабочих частот от нескольких сотен герц до сотен килогерц.

Говоря о задачах измерения пассивных параметров электрических цепей, нельзя не упомянуть о проблеме высокопроизводительного цифрового измерения и контроля коэффициентов температурной нестабильности этих параметров. Эта проблема, выдвинутая головными предприятиями Министерства электронной и радиотехнической промышленности, также находит успешное решение. В частности, на основе разработок лаборатории изготовлен первый в СССР промышленный образец полуавтоматической установки для высокопроизводительного цифрового измерения температурных коэффициентов емкости. Сотрудниками института Е. А. Ковалевым, С. М. Казановым, Т. Н. Мантушевым, Э. Л. Кашеевым, И. С. Болдыревой и Г. С. Еременчуком завершается создание универсального цифрового измерителя температурных коэффициентов, не имеющего аналогов в мировой практике.

И. КЛИСТОРИН,
доктор технических наук,
профессор.

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАУЧНОГО

СОВРЕМЕННЫЕ экспериментальные исследования, как правило, сопряжены с необходимостью создания сложного дорогостоящего оборудования. Эффективность его использования зависит от скорости обработки данных, получаемых в ходе эксперимента. Во многих случаях эта обработка невозможна без применения ЭВМ. Однако наличие быстродействующей ЭВМ еще не решает проблемы. Необходимо разветвленная сеть внешних устройств, которая позволяет быстро вводить первичную информацию об исследуемом объекте в вычислительную машину, контролировать результаты ввода данных и результаты вычислений, оперативно вмешиваться в ход обработки данных.

В институте автоматизации и электротехники разрабатывается целый комплекс внешних устройств, который помогает решить проблему обработки экспериментальной информации большого объема. Наличие такого комплекса дает возможность организовать измерительно-информационную систему, включающую ЭВМ.

Комплекс внешних устройств предназначен для восприятия измерительной информации от объекта как в

электрической, так и в оптической форме. Входящее в состав комплекса устройство оперативной графической связи человека с ЭВМ дает возможность экспериментатору общаться с машиной на понятном человеку языке.

В случае, когда данные представляются в электрической форме, устройства сбора информации содержат коммутаторы и аналого-цифровые преобразователи. Коммутаторы датчиков поочередно подключают источники данных к аналого-цифровому преобразователю (АЦП). Преобразователь изменяет форму представления информации из аналоговой в цифровую, а также производит «упаковку» информации в вид, удобный для ввода в ЭВМ. Использование подобных устройств ввода информации позволяет проводить ввод данных непосредственно в ходе эксперимента и выполнять обработку измерительной информации в ЭВМ в реальном масштабе времени.

В настоящее время разрабатывается сверхбыстродействующее многоканальное устройство сбора данных, которое обеспечивает аналого-цифровое преобразование сравнительно коротких процессов (порядка 10 м/сек.)

по нескольким каналам. В связи с тем, что скорость получения информации в цифровой форме может быть больше скорости записи данных в оперативную память ЭВМ (1 мгц), устройство ввода содержит собственную буферную память, информация из которой переписывается в память машины после эксперимента. Устройство снабжается электронно-лучевым индикатором, на котором можно наблюдать исследуемый процесс, записанный в буферную память.

Кроме этого, в состав комплекса вводных устройств включается более точный, но менее быстродействующий коммутатор и аналого-цифровой преобразователь (11 разрядов и 10000 изм/сек.).

Обработка экспериментальной информации во многих областях науки связана с необходимостью ввода в ЭВМ информации, зарегистрированной на фотоленку или фотопластинку. Такие задачи решаются в астрономии при измерении координат звезд и объектов на фоне звездного неба, в биологии — при изучении микрообъектов, в ядерной физике — при измерении координат треков частиц в искровых и пузырьковых камерах, в химических исследованиях

— при изучении рентгенограмм, с помощью которых определяется структура сложных соединений, и в ряде других областей.

Как правило, в каждом случае в перечисленных выше примерах приходится иметь дело с весьма большим объемом данных. Так, при ядерных исследованиях количество снимков, подлежащих обработке, достигает десятков и сотен тысяч в год при работе одного ускорителя. Понятно, что в этих условиях настоятельно требуется автоматизация обработки данных экспериментов с помощью ЭВМ. При этом в общем цикле обработки существенное значение имеет успешное решение задачи автоматического измерения и ввода координат в ЭВМ. Специфика этой задачи состоит в том, что необходимо измерять координаты с высокой точностью. Например, абсолютная погрешность измерения координат треков частиц на фотоленке не должна превышать нескольких микрон, а координат звезд на астронегативах — десятых долей микрона. Кроме того, требуется высокая скорость ввода.

В системе обработки данных, о которой идет речь, предусмотрен автоматический прецизионный ввод в

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В ЦЕЛОМ программа обработки экспериментальных данных определяется содержанием эксперимента и особенностями экспериментальной установки. Эти программы так же разнообразны, как и сами эксперименты. Но при всем бесконечном разнообразии экспериментальных исследований в них можно выделить некоторые общие задачи, связанные с обработкой экспериментальных данных.

Вопрос о точности результатов эксперимента всегда важный, даже если в данном конкретном эксперименте не ставится задача получения предельно высоких точностей измерения. В автоматизированных экспериментальных комплексах точность результатов определяется не только качеством измерительных приборов, но и способом обработки их показаний на ЭВМ, причем современные ЭВМ позволяют реализовать на практике очень сложные и эффективные методы снижения погрешностей измерения. Здесь в первую очередь находят применение классические методы математической статистики — метод наименьших квадратов и метод максимума правдоподобия. Быстродействующие электронные измерительные приборы дают много замеров одной и той же величины и тем самым создают хорошие условия для применения статистических методов.

Современные автоматические измерительные системы открывают дополнительные возможности для развития новых методов обработки экспериментальных данных. Тенденция развития экспериментальных

исследований такова, что количество измерительных приборов, связанных с исследуемым процессом, все время возрастает. Приходится одновременно измерять множество различных характеристик процесса, исследовать процессы в их взаимной связи. При этом в ЭВМ экспериментального комплекса поступают сигналы от всей совокупности приборов. Нетрудно понять, что в этих условиях между показаниями различных приборов должна быть какая-то связь, так как они отражают, хотя и каждый по-своему, один и тот же исследуемый процесс. Если этот процесс и сама измерительная система достаточно хорошо описаны математически, нетрудно заранее определить характер зависимости между показаниями приборов. При наличии погрешностей эта зависимость нарушится, что можно сравнительно легко обнаружить, и в дальнейшем использовать это обстоятельство для получения более точных результатов эксперимента в ходе обработки. Хотя идея такого метода борьбы с погрешностями сравнительно проста, ее было трудно реализовать, опираясь на обычные статистические методы. Дело в том, что в большинстве случаев зависимость между показаниями приборов нелинейна, а это сразу приводит к резкому увеличению объема вычислений при обработке, что, в свою очередь, влечет за собой целый ряд практических неудобств. Сотруднику института И. В. Смертиню удалось преодолеть эти трудности и создать новый, очень экономичный в вычислительном отношении метод получения оценок параметров исследуемых процессов,

специально предназначенный для случая, когда эти параметры связаны нелинейно с измерительными сигналами. Он использовал ряд новых результатов в области математической статистики и в первую очередь фундаментальную работу академика Ю. В. Линника «Статистические задачи с мешающими параметрами».

Основным источником погрешностей при измерении являются случайные процессы, происходящие в измерительных приборах. Однако при проведении сложных экспериментов все чаще приходится сталкиваться с тем, что на показания приборов влияют некоторые посторонние, с точки зрения исследователя — экспериментатора, процессы, происходящие в установке в ходе основного эксперимента. Если эти посторонние процессы изучены и относительно стабильны, их влияние нетрудно учесть и устранить. А если ход этих процессов предсказать не удастся, если они сильно изменчивы, подвержены влиянию каких-либо случайных факторов, то приходится опять-таки использовать особенности измерительного комплекса, опираясь на то, что между показаниями различных приборов можно обнаружить устойчивые зависимости. Сотрудник института Г. П. Чейдо разработал вычислительный метод обнаружения и устранения погрешностей, возникающих из-за наличия такого рода изменчивых посторонних процессов. Метод получился не очень простым, и он может хорошо работать только при соблюдении целого ряда условий, но таковы особенности этой сравнительно сложной задачи.

Традиционные способы обработки базируются на том, что исследователь располагает априорными сведениями об исследуемом процессе в виде достаточно подробного математического описания, которое определяет форму ожидаемого экспериментального результата. При обработке результатов измерений приводятся к заданной форме, так что ЭВМ в экспериментальном комплексе можно рассматривать как своего рода фильтр, выделяющий то, что экспериментатору требуется, и ослабляющий помехи и погрешности, не соответствующие исследуемому явлению. Чем лучше математическое описание, тем более высокие точности можно достигнуть при обработке показаний приборов.

Однако с «фильтрующими» алгоритмами обработки экспериментальных данных связаны некоторые практические неудобства. Прежде всего приходится сталкиваться с тем, что в распоряжении экспериментатора далеко не всегда имеется достаточно хорошо разработанное и удобное для работы с

ЭВМ математическое описание исследуемого явления.

Очень часто экспериментальные исследования для того и предпринимаются, чтобы собрать материал для создания математической теории явления. Но и в тех случаях, когда имеется достаточно хорошее описание процесса, исследователя начинает интересовать не совпадение экспериментальных результатов с теорией, а именно те особенности явления, которые «не укладываются» в существующую теорию. В этом случае применение фильтрующих алгоритмов просто не позволяет обнаружить интересных особенностей в экспериментальном материале.

Если, стремясь достигнуть высоких точностей, ввести в программу обработки очень подробное математическое описание экспериментальных зависимостей, можно вывести из ЭВМ экспериментальные результаты, внешне очень похожие на те, которые ожидает получить исследователь, но почти ничего общего не имеющие с истиной. Это может получиться, если измерительная система дает очень грубые ошибки, например, если внезапно выходит из строя хотя бы один из измерительных приборов, что в сложных системах происходит, к сожалению, достаточно часто. Машина «слишком много знает» об эксперименте и настолько хорошо «сглаживает» все «острые углы» и маскирует ошибки, что исследователь попадает в трудное положение: рассматривая окончательные результаты, он не всегда может быть уверен в их достоверности. Ведь, если из нескольких тысяч измерений только одно содержит грубую ошибку, этого может быть достаточно, чтобы точность всего эксперимента была потеряна, но мало для того, чтобы результаты были искажены до неузнаваемости.

Трудности возникают и в том случае, когда описание эксперимента достаточно полное, но не совсем правильное, и исследователь не располагает на данном этапе работы материалами, которые позволили бы ему эту неточность обнаружить и устранить.

Кроме этого, есть еще и некоторые другие подобного рода обстоятельства, которые свидетельствуют о том, что автоматическая обработка экспериментальных данных на ЭВМ чревата недоразумениями. Правда, затруднения возникают далеко не всегда, многие эксперименты с этой точки зрения представляются достаточно простыми, и для любого сколько-нибудь опытного исследователя упомянутые трудности не являются непреодолимыми: их обычно избегают, составляя несколько вариантов программ обработки,

и, сравнивая получаемые результаты, предпринимают повторные эксперименты, выводят исходные данные и промежуточные результаты из ЭВМ на печать и внимательно их просматривают, чтобы обнаружить и устранить ошибки, возникающие при измерении, при вводе в машину и в ходе вычислений. Современная техника оперативной связи экспериментатора с ЭВМ существенно облегчает эту работу, но затраты труда и времени все же остаются настолько большими, что так организованную обработку экспериментальных данных трудно назвать автоматической и, что самое основное, становится очень затруднительной разработка эффективных программ автоматического управления всем ходом эксперимента. Ведь именно автоматическое управление может привести, в конечном счете, к резкому ускорению экспериментальных исследований.

Сотрудники института Б. Н. Луценко и В. С. Киричук разработали интересную программу автоматического обнаружения и устранения недостоверных результатов. При этом, как и в других методах обработки, используется связь между показаниями различных измерительных приборов, работающих в эксперименте. Вообще использование природных данных о структуре системы измерительных приборов при обработке в какой-то мере позволяет компенсировать недостаток априорных данных об эксперименте. Луценко и Киричук разработали также алгоритм, который автоматически в ходе обработки упрощает или усложняет априорное описание экспериментальных данных, приспособившись наилучшим образом к изменениям характера измерительных сигналов. Б. А. Морякин построил алгоритм такого же назначения, но работающий на другом принципе. Целое семейство алгоритмов, предназначенных для «сжатия» экспериментальных данных, то есть для приведения числовых массивов к более компактной форме без сколько-нибудь существенной потери точности, разработали В. А. Виттих и А. Н. Гинзбург. Сжатие позволяет эффективнее использовать память вычислительной машины.

Все упомянутые алгоритмы и многие другие, простые и сложные, которые еще предстоит разработать, могут в сочетании со стандартными программами дать ощутимый эффект, выражающийся в том, что программы автоматической обработки результатов эксперимента будут достаточно удобными в работе, хотя, может быть, и весьма громоздкими.

Б. ПУШНОЙ,
кандидат технических наук.

ЭКСПЕРИМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

ЭВМ оптической информации. Разрабатывается ряд устройств, технической основой которых являются сканирующие системы на электронно-лучевых трубках высокого разрешения. Такие системы позволяют просмотреть поле изображения световым пятном малого диаметра. Координаты пятна однозначно определены в любой из моментов времени. Регистрация кодом координат, происходит в момент встречи пятна с точкой изображения.

В конце 1969 года закончена разработка автомата, предназначенного для ввода в ЭВМ координат треков частиц в искровых камерах, зарегистрированных на киноплёнку при проведении экспериментов на ускорителях. Автомат позволяет с высокой точностью (0,1%) измерять координаты треков, кодировать их и записывать в память ЭВМ. Успешно решен комплекс технических сложных вопросов сочетания оптики, электронной оптики, точной механики, дискретной и аналоговой электротехники. В автомате впервые применена система специальных оптических решеток, позволившая получить высокую точность измерения координат, практически не зависящую от нелинейно-

сти поля раstra на экране электронно-лучевой трубки. Автомат в настоящее время проходит опытную эксплуатацию в комплексе с ЭВМ «Минск-22» в ИЯФ СО АН СССР.

Ученым, использующим методы интерферометрии в экспериментальных исследованиях, хорошо известна трудоемкость обработки интерферограмм на микрофотометрах. Получение количественных результатов связано с большими затратами времени. Задача ввода в ЭВМ изображений с квантованной по уровням оптической плотности отдельных точек также решается в институте. Приложение этих работ весьма широкое: ввод в ЭВМ с целью обработки данных от интерферограмм до снимков с искусственных спутников Земли.

Сравнительно недавно возник широкий интерес к графическим устройствам ввода-вывода, и улучшению связи между человеком и машиной стали придавать особенно большое значение. Графические устройства стали могучим «катализатором» таких работ, когда эффективное выполнение их уже невозможно без тесной и непосредственной связи творческой мысли человека с быстродействием электронно-вычислительной машины.

Графическое оконечное устройство вычислительной машины определяется как устройство, в котором есть средства для графического вывода (в частности с индикацией на электронно-лучевой трубке) и графического ввода (управляемое вручную электронное устройство для ввода графической информации и для взаимодействия пользователя с индикатором).

Разрабатываемое в Институте автоматизации и электротехники графическое устройство, являющееся частью системы обработки данных, представляет собой универсальное устройство общего назначения и дает пользователю широкие возможности для диалога с машиной на языке графических образов. Оно снабжено индикатором изображения на электронно-лучевой трубке и набором генераторов для построения точек, линий, окружностей, пространственных фигур, для вывода буквенно-цифровой информации. В качестве средств ввода используется пишущая машинка и так называемое световое перо, с помощью которого можно не только вводить в ЭВМ графическую информацию, «рисую» пером по экрану электронно-лучевой трубки, но и вы-

делять элементы изображения для их более детального изучения и модификации. Помимо перечисленного, устройство снабжается специализированной электронно-лучевой трубкой и скоростной кинокамерой, с помощью которых можно снять фильм по «сценарию» ЭВМ.

Осенью прошлого года на машине «Урал-14» Вычислительного центра СО АН СССР успешно прошли первые тестовые испытания разрабатываемого устройства. В настоящее время проводится окончательная отладка всего комплекса оборудования, и мы надеемся, что уже в этом году сотрудники научного центра получат мощное средство общения с вычислительной машиной.

Все устройства комплекса выполнены на современной элементной базе — микросхемных схемах в единой конструктивной форме.

В заключение следует сказать, что разрабатываемые устройства комплекса имеют и весьма важное самостоятельное значение.

С. ВАСЬКОВ,
А. КАСПЕРОВИЧ,
А. КОВАЛЕВ,
кандидаты технических наук.

ОДНОЙ из важнейших областей исследований в области измерительной техники, определяющих во многом ее уровень развития в целом, являются первичные измерительные преобразователи, или датчики, как их иначе называют. Они являются неотъемлемыми элементами систем автоматизации как научных экспериментов, так и производственных процессов, более того, именно первичные преобразователи во многом определяют технические возможности этих систем в целом. Поэтому созданию и совершенствованию их уделяется большое внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Однако многие принципиальные вопросы теории первичных преобразователей и их создания остаются нерешенными. Вместе с тем современный уровень науки и техники резко повышает требования к первичным преобразователям, в особенности это касается вопросов динамики, чувствительности, точности, надежности измерений и т. д. Помимо этого, к преобразователям, которые должны работать в автоматических системах измерений, предъявляются и дополнительные требования. Это, прежде всего, предварительная обработка информации и унификация выходных сигналов для обеспечения возможности непосредственного ввода их в ЭВМ, а также специфические требования, обусловленные применением новых физических принципов при построении измерительных, вычислительных и регулирующих устройств.

В отделе первичных преобразователей института проводятся работы, направленные как на решение теоретических вопросов, так и на создание некоторых типов практических устройств в основном для измерения параметров механических движений.

Теоретические исследования направлены на изучение общих закономерностей, присущих преобразователям разного типа, чтобы, во-первых, найти пути создания преобразователей, имеющих предельно выгодные параметры и, во-вторых, облегчить создание новых видов преобразователей методами аналогии. Прежде всего, детально изучаются вопросы динамики, точности, чувствительности, поскольку именно эти характеристики определяют все основные свойства преобразователей.

Надо сказать, что исследование динамики измерительных устройств

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

считается одним из наиболее сложных в приборостроении. Первичные преобразователи используются для преобразования сигналов, различных по физической природе и по форме. Вместе с тем задачи современной науки и техники требуют, чтобы преобразование таких сигналов осуществлялось с минимальными искажениями.

Ю. Н. Солодкиным разработаны оригинальные методы расчета динамических искажений преобразователей и других измерительных устройств. Эти методы позволяют установить взаимосвязь между параметрами измеряемых сигналов, параметрами преобразователя и погрешностью измерения. Их использование позволяет оптимальным образом проектировать аппаратуру при измерении сигналов, имеющих сложную форму во времени. Эти методы уже практически используются в ряде организаций, в том числе и в нашем институте, при создании виброизмерительных устройств.

Работы в области измерения вибраций уже длительное время ведутся в институте. Проблема измерения вибраций всегда являлась весьма актуальной, с ней связаны вопросы надежности уникальных машин, крупных строительных объектов и т. д. В то же время в этой области было много нерешенных задач. Совершенных приборов для исследования вибраций в ряде важнейших отраслей вообще не было. Это объясняется тем, что создание виброизмерительной аппаратуры, отвечающей современным требованиям, связано с преодолением больших принципиальных трудностей. Основными проблемами здесь являются измерение колебаний как очень малых, так и очень больших величин в широком диапазоне частот. Особенно трудной задачей является создание прибора, работающего в области инфразвуковых частот.

Анализ факторов, ограничивающих пределы измерения виброизмерительной аппаратуры, позволил создать приборы, отвечающие вышеперечис-

ленным требованиям. Так, М. Г. Смирновым и Ю. А. Щепеткинским решена задача измерения предельно малых ускорений, составляющих миллионные доли ускорения силы тяжести Земли, т. е. 10^{-5} м/сек², а в некоторых случаях даже меньше. Эти исследования завершились разработкой практической измерительной аппаратуры, построенной на оригинальном принципе, где удержание рабочего органа прибора осуществляется электромагнитным полем без механических связей.

Одновременно были разработаны методы измерения предельно больших ускорений, превышающих земное в десятки тысяч раз, т. е. более 10^5 м/сек². Это уже предельные нагрузки, которые в состоянии выдерживать немногие специальные механизмы. Таким образом, амплитудный диапазон измерений виброизмерительных приборов, разработанных в институте, составляет 10^{10} .

Проблема измерения вибраций инфранизких частот имеет большое значение в строительной технике и особенно в гидроэнергетике, поскольку мощные гидроагрегаты работают на очень низких частотах. Однако создать необходимую аппаратуру для их контроля долгое время не удавалось. Эту трудную техническую задачу удалось решить В. Н. Некурячеву, используя электрические методы «повышения инерционности механических систем». Создан прибор, не имеющий аналогов в мировой практике, который передан Министерству энергетики и электрификации СССР для внедрения.

Для современного научного приборостроения характерны сложные измерительные комплексы. Это связано с тем, что проведение научных экспериментов требует, как правило, одновременного измерения большого количества различных физических величин. Очень часто возникает ситуация, когда приходится искать метод измерения параметров физических величин, ранее не измерявшихся вообще. Одной из таких работ,

выполняемых в отделе вместе с другими лабораториями института, является разработка методики и измерительной аппаратуры для гидродинамических исследований. Для создания этого комплекса необходимо решение широкого круга вопросов, в том числе и специфических. Так, длительная работа аппаратуры без участия человека требует повышенной точности, ибо отсутствует оператор, который мог бы проверить систему. По той же причине необходимо, чтобы аппаратура сама выбирала пределы измерения и оптимальные для своей работы режимы и т. д. Поскольку при проведении научного эксперимента желательно по ходу получить некоторые результаты, комплекс должен также содержать устройство предварительной обработки результатов эксперимента.

Разработанная в отделе измерительная аппаратура способна удовлетворить большой круг задач как в промышленности, так и в научных исследованиях. Однако в науке и технике имеются задачи, для решения которых необходим поиск принципиально новых средств измерения. Так, например, измерение пространственного поля вибраций или деформаций отдельных узлов машин не может быть осуществлено обычными методами, так как требует большого количества преобразователей, нагружающих исследуемый объект и искажающих измеряемый процесс, не говоря уже о технических трудностях, связанных, например, с миниатюризацией преобразователей. Между тем, в ряде задач, например при исследовании моделей механизмов, необходимо измерение всего поля пространственных смещений. Для решения этой и ряда других проблем в отделе стали использовать квантовую электронику, голографические методы. В настоящее время построена голографическая установка и получены первые результаты. Уже сейчас проведены исследования деформаций некоторых объектов, которые практически невозможно осуществить любыми другими средствами. А ведь возможности этих измерительных средств еще далеко не исчерпаны.

Таким образом, использование новых физических явлений позволяет создавать первичные измерительные преобразователи, способные выполнять сложные задачи измерений.

А. КОЗАЧОК, Л. ГИК,
кандидаты технических наук.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

НАУЧНО-технический прогресс немалым сегодня без оснащения научного эксперимента и производства сложных измерительных комплексов. Современные измерительные комплексы — это, как правило, сочетание устройств восприятия информации, базирующихся на самых различных физических эффектах, разветвленной сети коммутирующих элементов, арсенала «хранителей» меры, устройств сравнения входных сигналов с наборами мер, входных и выходных устройств, блоков, осуществляющих вычислительные операции.

«Ассортимент» входных воздействий, подлежащих измерению, во многих случаях достигает сотен и тысяч; требования к точности, быстроте действия, безотказности чрезвычайно жестки.

В этих условиях особенно важно уже на стадии проектирования выявить технические возможности создаваемых систем, оценить влияние на их характеристики многочисленных мешающих факторов, определить уровень их работоспособности.

Среди методов проектирования измерительных систем можно выделить макетирование, моделирование и аналитические методы. Что касается макетирования (физический эксперимент), то пока создавались относительно простые приборы, экспериментально можно было решать почти все задачи, связанные с их проектированием; однако, ввиду все возрастающей сложности сис-

тем измерения, макетирование становится все менее эффективным, а при решении некоторых задач неприемлемым вовсе. Замена макетирования математическим экспериментом на ЭВМ позволяет в значительной степени устранить эти трудности. Разрабатываемые в институте алгоритмы и программы предназначены для цифрового моделирования измерительных систем, для определения их технических показателей по известным параметрам используемых элементов и характеру случайного разброса значений этих параметров. Исследования в этом направлении, сулящем большую экономию денежных средств, материалов и времени, проводятся под руководством В. В. Ефименко.

Возрастание сложности измерительных комплексов требует совершенствования аналитических методов проектирования и оценки систем измерения. Работы в этом направлении ведутся в институте уже длительное время. Многие из полученных теоретических результатов нашли практическое применение.

Исследования, проведенные З. А. Лившицем, выявили «достоинства» и «недостатки» большого класса критериев, используемых для оценки измерительных приборов и систем, характер «взаимоотношений» этих критериев и области их рационального применения. Результаты исследований используются в ряде отрасле-

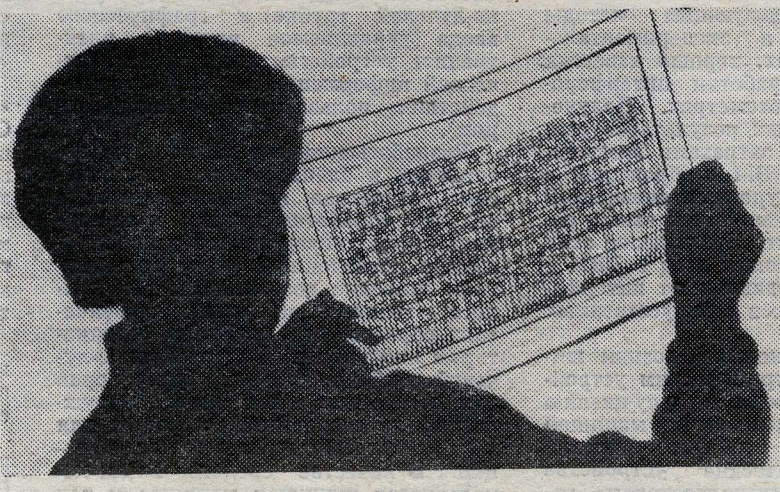
вых НИИ и нашли отражение в проекте нового ГОСТа на цифровые измерительные приборы. Аналитические методы, предложенные В. М. Ефимовым и С. А. Тимохиным, позволили определить метрологические показатели разрабатываемых в институте оригинальных цифровых приборов для измерения характеристик периодических сигналов и указать их потенциальные возможности. Работы по оценке точности цифровых измерительных устройств, выполненные О. Е. Трофимовым, В. Н. Бойковым и другими, привели к созданию новых методов устранения влияния неправильного функционирования таких основных элементов прибора, как устройства сравнения и триггеры. Разработанные З. А. Лившицем и В. М. Ефимовым методы построения оптимальной шкалы контрольно-измерительных приборов позволяют без существенного усложнения аппаратуры получить ощутимый выигрыш в точности.

В сложных системах измерения, как и в системах много назначения, неизбежно возникают отказы. По опубликованным данным, стоимость поиска и восстановления отказавших элементов составляет для радиоэлектронной аппаратуры более 90 процентов всех расходов на изготовление и эксплуата-

цию. Уже одна эта цифра показывает, насколько насущной является задача создания методов и средств получения информации, необходимой для обнаружения тех элементов системы, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к нарушению работоспособности. Эти методы — методы технической диагностики — предусматривают составление программ, которые определяют совокупность необходимых проверок и их очередность. Использование эффективных программ и автоматизация процесса диагностики резко сокращают время вынужденного простоя и уменьшают стоимость ремонта технических систем. Программы диагностики могут быть также детальной инструкцией обслуживающему персоналу.

Ряд интересных исследований в области технической диагностики выполнили сотрудники института Л. С. Тимонен, В. Я. Пивкин, Г. Ф. Верзаков. Здесь следует выделить результаты, относящиеся к выбору оптимальной совокупности контролируемых параметров для профилактической проверки и обнаружения отказов и к разработке точных и приближенных методов диагностики. Итогом работы являются алгоритмы для решения сформулированных задач на ЭВМ.

В. РАБИНОВИЧ,
канд. технических наук.



Готова еще одна печатная плата...