

УДК 621.317.7—52+62—50

Ю. Е. НЕСТЕРИХИН
(Новосибирск)

АВТОМЕТРИЯ И КИБЕРНЕТИКА

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

В. И. Ленин

Великий Ампер в одной из своих работ в 1834 году назвал кибернетикой науку об управлении государством. Он не был так далек от истины, как это могло показаться в то время. Кибернетический подход характеризуется внедрением математических методов в самые разнообразные области науки, где ранее оные не применялись, в том числе в социологию, физиологию и даже психологию. Кибернетика использует, например, методы теории графов, автоматического регулирования, теории функций, математической статистики, теорий вероятностей и информации. Все эти методы в отдельности и ранее были известны инженерам и физикам, но теперь они проникают в те явления, которые, как казалось вначале, далеки от математики. Наш век — век математизации науки со всеми вытекающими последствиями. Канту принадлежат известные слова: «...Любая из естественных наук содержит в себе ровно столько науки в собственном смысле слова, сколько она содержит математики».

Во многих областях научной деятельности наблюдается все более глубокая специализация, что приводит к параллелизму и впоследствии к существенной ведомственности в промышленности. Кибернетика — это путь к единению наук, одно из немногих средств связи распадающегося на части здания науки.

В этом смысле наука об измерении — автометрия — младшая сестра кибернетики. Аккумулируя методы и опыт в различных разделах большой науки, теория и средства измерения призваны использовать последние во многих смежных областях и промышленных отраслях, активно содействуя своей универсальностью научно-техническому прогрессу. Кроме основной задачи по объяснению явлений и поисков принципиальных путей познания мира, у науки существует гражданский долг по активному распространению знаний и внедрению результатов исследований в народное хозяйство. Современная наука — серьезная производительная сила общества. Важны не только вещественные достижения, но и блага, которые дают знания, т. е. информация. Расширение производ-

ства материальных средств невозможно без дополнительной информации о природе и самом человеке. Только часть продукции обеспечивается путем простой интенсификации, основная же доля — в результате переработки и реализации научно-технической информации. Таким образом, прогресс общества, по существу, определяется и обилием усвоенной информации.

В настоящее время можно с полным правом говорить о революционной ситуации в плане получения и обработки информации. В последующие периоды развития новые понятия и методы исследований войдут в сферу освоенного, но и тогда нельзя будет полагаться только на практический опыт. В существующие представления входит не только непосредственное освоение опыта, но также, что особенно ясно на примере осуществления колоссальных космических программ, создания огромных ускорителей и мощнейших радиотелескопов и других гигантских установок, получающих обширные научные материалы, организация исследований в рамках обобщающей Идеи.

Любая конкретная наука ограничивает себя определенным отбором рассматриваемых явлений. Используя новейшие научные достижения и современную универсальную измерительную технику в комплексе с информационно-логическими вычислительными машинами для получения, обработки, хранения информации с целью понимания процессов или управления ими, мы осуществляем научный подход к разнообразным явлениям природы, открываем путь к научной индустрии, подлинному научно-техническому прогрессу общества.

Вопросы получения конкретной первичной информации относятся к проблемам современной измерительной техники. В настоящее время, по нашему мнению, существуют физический и информационно-теоретический аспекты рассматриваемых измерений. Анализ широко известной литературы в области измерительной техники показывает, что имеются глубокие подходы к проблемам измерений в смысле формирования универсальной экспериментально-теоретической науки, которую следует считать одной из основных при решении научных проблем и инженерных задач. Следует особо отметить, что наука об измерениях не может быть самоцелью, она должна быть объективно связана со всей современной наукой.

Опираясь на электронику — краеугольный камень современного прогресса, одно из решающих направлений в ряду таких крупнейших проблем, как исследование космоса, освоение атомной энергии, осуществление сверхзвукового полета, — наука об измерениях простирается от классических линейных измерений через радиолокационную технику до космических систем передачи информации; ей необходимы наряду с новыми средствами и новые методы измерения; она, как и кибернетика, опирается на математику, физику, теорию информации, теорию систем и т. д.

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

Задача настоящего дня — в комплексном подходе к измерениям, в сочетании самых разных методов и средств. Надо смелее привлекать квантовые устройства, ядерные методы, специализированные электрон-

но-оптические и голографические устройства и т. п. Необходимо органическое соединение измерительных средств с возможностями вычислительной техники.

Особое значение должно быть придано работам в области математического обеспечения сложных логических информационных систем, позволяющих провести подлинную научно-техническую революцию в плане расширения возможностей использования ЭЦВМ при обработке экспериментальных данных.

Аналогичные требования к средствам измерения, контроля и управления выдвигает практика промышленного производства — от лабораторного исследования сырья и элементов до окончательного контроля готовых изделий; качество, надежность и производство промышленной продукции находятся в прямой зависимости от уровня используемых приборов, контрольных автоматов и систем. В настоящее время происходит неуклонное сближение науки и техники.

В современной экономике, основе социального прогресса, совершенно необходимым является оптимальное соединение научно-исследовательских работ с промышленной структурой при соответствующем перспективном (5—10 лет) планировании фундаментальных проблем.

Одним из первых этапов на пути автоматизации научных исследований и технологических процессов является получение первичной информации. Рассмотрим для примера «простейший» случай измерения длин и 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. Что касается промышленности, то в общей массе измерений 85—90% составляет определение длин. Развитию технологии в промышленности содействует создание крупных научно-технических комплексов, требующих коэффициента надежности 99,99996% (4 бракованных на 100 000 изделий), и уменьшение времени на дополнительные операции обработки, занимающие 40—50% общего времени производства. Можно себе представить, сколько потребовалось измерительных операций, например, при создании ракетного комплекса космической программы США «Аполлон», состоящего из нескольких миллионов деталей.

Кроме уменьшения допусков, высокой точности требуют новые способы обработки (электрохимия металлов, обработка с помощью лазеров и электронных пучков) и миниатюризация механических и электронных конструктивных элементов (интегральных твердых схем и т. д.).

Методы измерения, активно воздействующие на процессы изготовления, в сочетании с устройствами для обработки данных сами должны являться компонентами системы производства, т. е. должны гарантировать выдачу пригодных для управления сигналов, выражающих не только основной параметр, но и его производные (например, скорость и ускорение).

Достижения современной квантовой электроники позволяют, взяв за эталон длину волны стабилизированного гелий-неонового лазера, ввести отображение размеров в промышленную технику измерения на основе цифровых методов. Тем самым становится возможным, не говоря о задачах точнейших измерений в науке, использовать эталон, спрятанный в недрах государственных метрологических институтов, непосредственно в производстве. Так, например, в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР разработан цифровой лазерный измеритель перемещений, предназначенный для точного измерения расстояний между двумя положениями объекта. Он может быть применен для измерения таких физических величин, как скорость, ускорение, деформация,

амплитуда вибраций, коэффициент линейного расширения, а также в качестве отсчетного устройства в различного рода координатно-измерительных машинах, инструментальных микроскопах и прецизионных станках. В приборе использован интерференционный метод сравнения измеряемого перемещения с естественной константой — длиной световой волны. В качестве источника применяется малогабаритный гелий-неоновый лазер, стабилизированный по «провалу» Лэмба. При смещении объекта, связанного с одним из зеркал интерферометра, регистрируется движение интерференционных полос, преобразуемое в последовательность электрических импульсов. Прибор регистрирует в цифровом виде величину перемещения в миллиметрах. Перед измерением в блок электронной обработки вводятся поправки на окружающие условия (температуру, давление, влажность). Технические характеристики устройства: предел измерения 1000 мм; чувствительность 0,1 мкм; погрешность $0,0001 \pm 0,5 L \cdot 10^{-6}$ мм; скорость перемещения 1,5 м/мин. Прибор выполнен на отечественных интегральных схемах и может быть непосредственно соединен с ЭЦВМ и программными управляющими устройствами.

Другим не менее интересным устройством получения первичной информации является лазерный измеритель скоростей потоков жидкости и газа (Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР). В гидро- и аэродинамических исследованиях часто возникает необходимость измерения векторов мгновенных скоростей в различных областях потоков, а также средней скорости (например, при определении профиля скоростей по сечению потока, исследовании граничного слоя, явлений турбулентности). Метод, основанный на выделении доплеровского сдвига частоты в свете, рассеянном примесными микрочастицами в потоке, является прямым и не требующим градуировки вследствие высокой пространственной когерентности лазерного луча. В отличие от применяемых методов термоанемометрии лазерный луч не вносит возмущений в исследуемый поток. Прибор измеряет компоненты вектора скорости потока в плоскости, параллельной оси течения. Технические характеристики его: пределы измерения 1 мм/сек — 10 м/сек; пространственное разрешение 10×50 мк; погрешность измерения порядка нескольких процентов. Лазерный измеритель скоростей потоков с цифровым отсчетом является первым отечественным прибором такого типа.

И, наконец, последний из примеров современного физического измерения — метод одновременного определения мгновенных локальных значений электронной плотности $n_e(x, y, z, t)$ и электронной температуры $T_e(x, y, z, t)$ на фронте ударной волны в плазме (Институт ядерной физики и Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР).

Эксперименты проводились на установке, предназначенной для исследования структуры квазистационарных ударных волн, образующихся при обтекании цилиндра сверхзвуковым потоком плазмы со скоростью $1,2 \cdot 10^7$ см/сек при плотности $2 \cdot 10^{14}$ см⁻³.

Зондируя лазерным лучом большой мощности (время излучения 15—20 нсек; мощность 500 Мвт) заданное пространство фронта ударной волны, регистрировалось изображение выбранного участка в свете томсоновского рассеянного излучения с помощью электронно-оптических преобразователей.

Спектрально разложенное (диффракционным монохроматором типа МДР-2) изображение рассеянного электронами плазмы лазерного пучка с помощью объектива переносилось на фотокатод преобразователя, обеспечивающего регистрацию изображения с экспозицией, равной длительности светового импульса лазера. Усиленное по яркости изображение фотографировалось. В импульсном режиме работы каскадного

усилителя яркости, когда коэффициент усиления прибора по току достигает значения $K \approx 10^7$, становится возможной регистрация отдельного фотоэлектрона.

Обработка полученных фотографий, производившаяся по методу счета отдельных фотонов, показала, что сигнал рассеяния в максимуме примерно вдвое больше фонового сигнала.

Значение электронной температуры на фронте ударной волны ($T_e = 6 \text{ эв}$), полученное при регистрации профиля ($\Delta\lambda = 80 \text{ \AA}$) рассеянной лазерной линии $\lambda = 6943 \text{ \AA}$, находится в хорошем соответствии с результатами спектроскопических измерений. Ход изменения плотности вдоль направления распространения лазерного луча совпадает с контрольными измерениями, выполненными с помощью интерферометра Майкельсона.

Дальнейшая обработка подобных изображений, являющихся буферными запоминающими устройствами, зачастую сопряжена с большим объемом вычислений. Для этой цели необходимо использовать ЭЦВМ. Решение указанной задачи возможно на основе применения сканирующего автомата для ввода в ЭЦВМ пленочной информации, также разработанного в Институте автоматики и электрометрии Сибирского отделения АН СССР.

В автомате использован принцип просмотра кадра фотопленки бегущим точечным световым пятном, сформированным на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ). Изображение пятна переносится с помощью объектива в плоскость исследуемого снимка. Отклонение луча ЭЛТ осуществляется специальными генераторами разверток по методу раstra. Положению светового пятна в каждый данный момент однозначно соответствуют коды координат в двухмерной системе координат, определяемой специальными оптическими решетками.

Использование ЭЛТ с высоким разрешением и оптических решеток для отсчета координат позволяет обеспечить погрешность измерения положения точек на плоскости, не превышающую 0,001 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 непосредственно передаются в ЭЦВМ.

Логический блок автомата содержит устройство управления, связывающее автомат с ЭЦВМ и синхронизирующее работу его отдельных узлов. Устройства дискретной техники автомата выполнены на отечественных интегральных схемах. Время считывания одного кадра ($36 \times 24 \text{ мм}$) 4 сек; шаг квантования автомата при считывании координат 12 мк; разрешающая способность 25 мк.

Не будем касаться всего многообразия «воспринимающих» устройств, применяемых в исследованиях других важных проблем; отметим только, что если еще совсем недавно казалось невозможным построение сложных электронных вычислительных систем, то теперь, когда они созданы, не менее важным и трудным является разработка методов и средств обращения к ЭЦВМ при обработке колоссальных массивов информации. По существу, необходимо соединить громадные возможности ЭЦВМ с логикой человека, совершенствовать визуальные устройства связи оператора с ЭЦВМ, что также не может быть выполнено без серьезного развития работ по математическому обеспечению таких систем.

В мире в настоящее время развернулась невиданная по своим масштабам и темпам научно-техническая революция. Она производит

переворот в одной отрасли за другой, открывает новые перспективы совершенствования технологии, управления производством, является одним из главных источников и союзников в борьбе за осуществление великих планов нашей партии и всего советского народа. Именно в области научно-технического прогресса пролегает сегодня один из главных фронтов соревнования двух систем. Это делает дальнейшее развитие науки и техники и широкое внедрение в производство последних научно-технических достижений центральной экономической и политической задачей.

В апреле этого года исполняется 100 лет со дня рождения В. И. Ленина, гения и вождя великой пролетарской революции, главы первого в мире социалистического государства, осуществившего подлинную революцию в умах человечества, всколыхнувшего благодаря реальному праву на всеобщее образование несметные интеллектуальные богатства наших народов. Велики заслуги Владимира Ильича Ленина перед всем человечеством, творящим научно-технический прогресс на благо мира на земле и счастья человека.

*Поступила в редакцию
16 декабря 1969 г.*
