

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 612.822 : 616.071

Н. Ф. ПОДВИГИН, С. Д. СОЛНУШКИН, В. Н. ЧИХМАН  
(Ленинград)

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ИНСТИТУТЕ ФИЗИОЛОГИИ ИМ. И. П. ПАВЛОВА АН СССР

Автоматизация научных исследований, в частности физиологических, довольно широкое понятие, включающее применение разнообразных методов и средств, направленных на повышение эффективности научного поиска. Сюда относятся разработка специализированных электронных устройств для обеспечения лабораторных установок, применение ЭВМ для моделирования физиологических систем, статистической обработки данных и т. д. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся организации автоматизированных физиологических экспериментов на линии с ЭВМ.

Работа по автоматизации физиологических экспериментов включает три группы задач. Первая связана с автоматизацией процесса первичной обработки экспериментальных данных и управления формированием входных сигналов (раздражителей) в ходе эксперимента, а также с приборами, регулирующими состояние подопытного объекта. Вторая подразумевает отсроченную обработку экспериментальных данных (статистическая обработка, выявление зависимостей и т. д.) и построение с помощью ЭВМ математических моделей, описывающих изучаемые процессы. Последняя группа задач — это создание управляемого с помощью ЭВМ эксперимента на физиологическом объекте, в ходе которого происходит проверка модельного описания изучаемых процессов или автоматизированный поиск параметров входных сигналов, обеспечивающих получение определенной реакции изучаемого объекта.

В Институте физиологии им. И. П. Павлова АН СССР накоплен значительный опыт решения задач первой и второй групп с использованием ЭВМ различного класса [1—14]. Реализованная ранее на ЭВМ ВЦ института система накопления и обработки экспериментальных данных [3, 6] эксплуатируется по настоящее время. Система используется, например, при исследовании информационных характеристик импульсной активности нейронов спинного и головного мозга, рецепторов при различных воздействиях на мышцу, изучении естественных речевых сигналов с целью выявления полезных признаков восприятия речи, проведении психоакустических экспериментов с синтезированными на ЭВМ речеподобными сигналами и др. Указанные примеры относятся к основным направлениям физиологической науки, по которым работает институт: изучение высшей нервной деятельности, физиологии сенсорных систем, висцеральных систем, биохимических аспектов физиологической науки.

Несмотря на разнообразие физиологических задач при решении вопросов автоматизации физиологических экспериментов выделяется ряд общих требований. Срок жизни объекта эксперимента часто ограничен, особенно при «острых» опытах. Поскольку живые объекты являются адаптивными системами, в ходе опыта практически невозможно вернуться к предыдущему состоянию. Отсюда возникает требование повышенной скорости обработки данных, получения результатов обработки в реальном масштабе времени, обеспечения возможности интерактивного управления ходом эксперимента, высокой реактивности автоматизированной системы на внешние события, надежности и др.

Интенсивное развитие микропроцессорной техники, электронных средств связи с объектом обеспечило предпосылки для создания и внедрения систем автоматизации научных исследований, отвечающих вышеупомянутым требованиям [15, 16]. По мере решения вопросов автоматизации физиологических экспериментов, проводимых в институте, наибольшее развитие получили малые лабораторные вычислительные системы, базирующиеся на двух типах выпускаемых промышленностью микроЭВМ: 1) система с использованием микроЭВМ «Электроника 60» и аппаратуры КАМАК; 2) системы на базе микроЭВМ «Электроника ДЗ-28».

Как известно, совместимость микроЭВМ «Электроника 60» с широко распространенными мини-ЭВМ типа СМ-4 позволяет применить последние в качестве инструментальных машин для разработки прикладного программного обеспечения автоматизированных систем, а также организовать хранение больших объемов экспериментальной информации при необходимости ее отсроченной обработки. Использование КАМАК-аппаратуры в качестве интерфейса между ЭВМ и экспериментальным оборудованием гарантирует возможность расширения и гибкость автоматизированной

системы, поскольку номенклатура функциональных модулей КАМАК постоянно пополняется новыми разработками, выпускаемыми промышленностью.

Автоматизированные системы на базе микроЭВМ «Электроника 60» и аппаратуры КАМАК развиваются в институте в рамках концепции «МикроКАМАКлаб» [11—17], в соответствии с которой выделяются терминальные, локальные и автономные системы.

Разработанные терминальные системы связаны с ЭВМ СМ-4 средствами межмашинного обмена данными [8, 9]. Аппаратно-программное обеспечение систем реализовано таким образом, что параллельно с измерением, вводом в ЭВМ и первичной обработкой информации осуществляется динамическое отображение процессов обработки на экране графического дисплея (режим монитора), а также интерактивное управление этой обработкой экспериментатором.

Указанные системы эффективно применяются для проведения экспериментов по исследованию нейрофизиологических механизмов сенсорных систем, в частности нейрофизиологических механизмов зрительного и слухового восприятия [9, 11]. Объекты в данных экспериментах наиболее удобны для количественного анализа, так как входные сигналы (раздражители) являются внешними, а не внутренними, следовательно, их параметры можно точно задавать и контролировать.

В экспериментах по изучению зрительного восприятия для генерации стимулов используется проектор слайдов, управляемый с помощью КАМАК-модулей 2ЦАП×10 и МУШД. В экспериментах по изучению слуховой системы генерируются звуковые раздражители, для чего используется КАМАК-модуль «Выходной регистр», управляющий электронным генератором синусоидальных звуковых посылок.

Результаты обработки экспериментальной информации представляются в виде гистограмм распределения импульсной активности одиночных нейронов структур мозга (амплитудной, постстимульной, интервальной), графиков пороговой чувствительности слуха и других, которые отображаются в реальном масштабе времени на экране графического дисплея с помощью КАМАК-модулей ДИНАМО. Имеется возможность получения «твердой» копии результатов обработки данных на графопостроителе РДД-1, сопряженном с ЭВМ с помощью модуля «Выходной регистр» [10].

Программное обеспечение терминальных систем реализовано в операционной среде РАФОС. Структура программного обеспечения дает возможность легко расширять его новыми модулями измерения и обработки данных. С целью достижения максимальной реактивности программные модули написаны на языке Макро. При этом программное ядро, включающее интерпретатор командной строки и программы динамического отображения данных, остается неизменным. Применение автоматизированных систем позволило найти количественные оценки обрабатываемого в ходе экспериментов большого объема данных, использовать различные статистические методы, что обеспечило высокое качество и достоверность получаемых результатов. Кроме того, это дало возможность на порядок сократить время экспериментов, уменьшить число опытов, сэкономить материалы, экспериментальных животных.

В ближайшее время планируется ввод в эксплуатацию терминальной автоматизированной системы для проведения психофизиологических экспериментов с генерацией черно-белых полутонных зрительных стимулов с использованием КАМАК-модулей «ДИНАМО-цвет», что даст возможность осуществить ряд новых психофизических исследований на человеке.

Наряду с терминальными системами «МикроКАМАКлаб», в институте осваивается несколько автономных систем с устройствами внешней памяти на гибких магнитных дисках, а совместно со специалистами ЛНИ ВЦ АН СССР реализована локальная система «МикроКАМАКлаб» с хранением программ в ППЗУ, которая используется для исследования биоэлектрической активности головного мозга при выработке условных рефлексов у животных, проводимых по программе изучения высшей нервной деятельности [13, 14].

Автоматизированные системы, использующие микроЭВМ ДЗ-28, уступают по техническим характеристикам и функциональным возможностям системам, рассмотренным выше, однако являются более доступными и менее дорогими. В лабораториях института системы на базе микроЭВМ ДЗ-28 применяются, например, в психофизических исследованиях. При этом обеспечиваются формирование с помощью ЭВМ тестовых изображений и вывод их на ЭЛТ, ввод ответов испытуемого с внешней клавиатуры, статистическая обработка данных в ходе эксперимента, вывод результатов обработки на графопостроитель, осциллограф, цифровая печать. На базе микроЭВМ ДЗ-28 реализована также система для обработки вызванных потенциалов по двум каналам с программным управлением стимуляцией и комплексом программ статистического анализа данных. При этом используется кросс-система МИКРОИНФ, позволяющая осуществлять разработку программ для ЭВМ ДЗ-28 на языке высокого уровня с помощью ЕС ЭВМ [12].

В настоящее время в институте приступают к решению третьей группы задач автоматизации — разработке управляемых экспериментов. Опыт, накопленный при использовании ЕС ЭВМ для моделирования физиологических и биохимических процессов, а также разработки автоматизированных систем на базе микроЭВМ, внушает оптимизм и позволяет надеяться на положительные результаты в этом направлении.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что весь ход развития экспериментальных физиологических, биохимических исследований показал необходимость в решении проблем их автоматизации. В настоящее время именно на этом пути следует искать резервы ускорения и повышения качества проводимых исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чихман В. Н., Макаревич А. В., Першин Ж. А., Гехман Б. И. Работа ЭВМ «Днепр-21» в реальном масштабе времени в физиологическом эксперименте.— Физиол. журн. СССР, 1974, т. X, № 4.
2. Иванов К. П., Клещев А. С. Биологический вычислительный центр.— Л.: Наука, 1975.
3. Автоматизация экспериментальных физиологических исследований: Сб. науч. тр. Вып. 2.— Л.: Наука, 1977.
4. Дудкин К. Н., Гаузьельман В. Е. Автоматизация нейрофизиологического эксперимента.— Л.: Наука, 1979.
5. Чихман В. Н. Ввод в ЭВМ импульсной активности нейронов с цифровой адаптацией.— Упр. сист. и маш., 1975, № 1.
6. Чихман В. Н. Система ввода-вывода речевых сигналов на ЭВМ М4030 для экспериментальных исследований восприятия речи.— Упр. сист. и маш., 1979, № 2.
7. Чистович Л. А., Чихман В. Н., Огородникова Е. А. Новый подход к определению фонетической близости стимулов и его проверка в автоматизированном эксперименте.— Физиол. журн. СССР, 1981, т. XVII, № 5.
8. Жаков М. Л., Першин Ж. А., Солнушкин С. Д., Чихман В. Н. Организация многомашиного комплекса для автоматизации лабораторных исследований.— Упр. сист. и маш., 1984, № 1.
9. Данилов Ю. П., Жаков М. Л., Солнушкин С. Д. и др. Автоматизация электрофизиологического эксперимента.— Упр. сист. и маш., 1984, № 4.
10. Солнушкин С. Д., Чихман В. Н. Вывод информации из ЭВМ на графопостроитель РДД-1.— ПТЭ, 1985, № 5.
11. Солнушкин С. Д., Чихман В. Н., Шупляков В. С. Автоматизация электрофизиологических исследований слухового анализатора: Сб. трудов I Международной школы «Автоматизация биотехнологических процессов и биологических экспериментов». Варна, 1984.
12. Гехман Б. И., Равкин И. А., Темов В. Л. Кросс-система для микроЭВМ «Электроника ДЗ-28».— Электрон. техника. Сер. Экономика и системы управления, 1984, вып. 3 (52).
13. Домарацкий А. Н., Каширин А. В., Костяева О. В. и др. Система автоматизации физиологических исследований.— Л., 1985.— (Препринт/АН СССР, ЛНИ ВЦ).
14. Костяев О. В., Суворов Н. Ф., Сурма С. В., Шуваев В. Т. Исследование сложных форм поведения при использовании системы автоматизации на базе микроЭВМ «Электроника-60» и технических средств КАМАК.— Л., 1985.— (Препринт/АН СССР, ЛНИ ВЦ).
15. Велихов Е. П., Выставкин А. Н. Проблемы развития работ по автоматизации научных исследований.— Упр. сист. и маш., 1984, № 4.
16. Нестерихин Ю. Е., Золотухин Ю. Н., Лившиц З. А. Автоматизация: итоги десятилетия.— Автометрия, 1984, № 4.
17. Гусев О. З., Золотухин Ю. Н., Прохожев О. В., Ян А. П. Базовые конфигурации систем «МикроКАМАКлаб».— Автометрия, 1984, № 4.

*Поступило в редакцию 13 декабря 1985 г.*

УДК 621.372.029.7

А. В. КАЗАКЕВИЧ, В. Ф. ЛАМЕКИН, А. В. МИРОНОС,  
В. Л. СМЕРНОВ

(Москва)

### ВОЛНОВОДНЫЕ ГОЛОГРАММЫ НА СОСТАВНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУРАХ

Один из перспективных методов оптической обработки информации (ООИ) — обработка непосредственно в тракте оптического волновода [1]. К основным преимуществам интегрально-оптических (ИО) устройств для ООИ относятся более высокое быстродействие, меньшая энергоёмкость по сравнению с электронными процессорами, а также большая помехозащищённость и компактность по сравнению с объёмными оптическими аналогами [2, 3]. Важными элементами ИО-процессоров являются волноводные линзы и волноводные голограммы (ВГ) [4, 5].

Данная работа посвящена изучению пространственно-угловой селективности и связанной с ней оптимизации записи ВГ.

На рис. 1 представлена структура, состоящая из волновода с нанесённым на него фоточувствительным слоем (халькогенидные стекла, фотополимер). Считаем, что такая структура для формирования ВГ наиболее универсальна и перспективна с точки зрения практического использования, поскольку позволяет создавать волноводные процессоры на волноводных структурах из любых диэлектрических и полупроводниковых материалов. Более того, такая структура даёт возможность использовать запись как внешними пучками (подобную голограмме Нассенштейна и го-