

- В кн.: Статистическая электрофизиология. Т. II. Вильнюс: изд. ВГУ, 1968, с. 267—280.
3. Куликов М. А. Применение принципов машинного статистического анализа для исследования фоновой импульсной активности нейронов.— *Нейрофизиология*, 1970, т. 2, № 6.
 4. Куликов М. А. Исследование статистических закономерностей фоновой импульсной активности нейронов пирамидного тракта кошки: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. М.: изд. ИВНД и НФ АН СССР, 1978.
 5. Куликов М. А. Алгоритмы комплексного исследования фоновой импульсации нейронов.— В кн.: Статистическая электрофизиология. Т. II. Вильнюс: изд. ВГУ, 1968, с. 254—266.
 6. Дунин-Барковский И. С., Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). М.: ГИТТЛ, 1955.
 7. Оуен Д. Б. Сборник статистических таблиц. М.: изд. ВЦ АН СССР, 1966.
 8. Миллер Р. Л., Кан Дж. С. Статистический анализ в геологических науках. М.: Мир, 1965.
 9. Коуден Д. Статистические методы контроля качества. М.: ГИФМЛ, 1961.
 10. Larkin N. P. An Algorithm for Assessing Bimodality vs. Unimodality in a Univariate Distribution.— *Behav. Res. Meth. and Instrum.*, 1979, vol. 11, N 4.
 11. Nakahama H. et al. Statistical Dependency between Interspike Intervals of Spontaneous Activity in Thalamic Neurons.— *J. Neurophysiol.*, 1966, vol. 29, N 5.
 12. Nakahama H. Relation of Mean Impulse Frequency to Statistical Dependency between the Intervals in Neuronal Impulse Sequences.— *J. Neurophysiol.*, 1966, vol. 29, N 5.
 13. Gilman I. A Parameter-Free Clustering Model.— *Pattern Recognition*, 1972, vol. 4, N 3.
 14. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978.
 15. Дарбинян Т. М., Головинский В. Б. Механизмы паркоза. М.: Медицина, 1972.
 16. Brookhart J. M. A Study of Corticospinal Activation of Motor Neurons.— *Res. Publ. Ass. Nerv. Ment. Dis.*, 1950, vol. 30, p. 157—173.

Поступила в редакцию 16 января 1981 г.

УДК 681.3.068+61.007 : 61

И. М. САЛАМАТНИ, М. Б. ШТАРК, Г. Я. ЯНОВСКИЙ

(Новосибирск — Дубна)

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИ-ЭВМ ТИПА СМ-3 И ОБОРУДОВАНИЯ КАМАК

Введение. Потребность в создании систем автоматизации медико-биологических исследований (МБИ) (в частности, нейрофизиологических) вытекает из принципиальных особенностей, характеризующих современное состояние этой проблемной области: необходимость анализа экспериментальной информации о состоянии объекта в реальном масштабе времени и целесообразность организации управляющей обратной связи с целью оптимизации режима деятельности исследуемой биосистемы [1]. Природа эксперимента, связанная с необходимостью изучения адаптации биосистем различной сложности в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды, объясняет потребность в гибкой, легко модифицируемой в соответствии с новыми особенностями исследования автоматизированной системе накопления и обработки экспериментальной информации. Серийный выпуск ряда программно совместимых ЭВМ (СМ-3 [2], «Электроника-60» [3]) с развитым набором внешних устройств, принятие конструктивов и методологии КАМАК [4, 5] в качестве ГОСТа [6] создают хорошие предпосылки для эффективной организации систем

автоматизации научных исследований. В такой ситуации особую важность приобретает создание комплекса программ, который в рамках интересующей проблемной области обладал бы достаточной гибкостью по отношению к составу, конфигурации экспериментального оборудования, методике конкретного эксперимента, обеспечивал бы преемственность реализованных программных средств [7—9].

В работе содержится краткое описание подхода, разработанного в ЛНФ ОИЯИ [11] и применяемого в лаборатории комплексных исследований нейронных систем ИАиЭ СО АН СССР для создания прикладных систем автоматизации конкретных экспериментов.

1. Особенности МБИ. Традиционным способом исследования поведения нейронных структур является анализ их электрической активности [10]. Можно выделить два класса сигналов, подлежащих регистрации и математической обработке: импульсные и градуальные. Целью исследования сигналов первого типа являются выделение и изучение законов их распределения и динамики параметров этих законов, второго типа — изучение формы и, возможно, динамики формы этих сигналов.

Анализ используемых методик достаточно широкого круга МБИ [11], методов исследования регистрируемых сигналов, характера экспериментальной информации, ее интенсивности позволил выделить ряд общих черт, присущих этим экспериментам:

1) необходимость выполнения предварительной обработки экспериментальных данных в реальном масштабе времени с целью выработки управляющих воздействий на исследуемый объект;

2) потребность в долговременном хранении данных для накопления «истории» поведения объекта и окончательной математической обработки экспериментальных массивов;

3) целесообразность активного участия экспериментатора в управлении процедурой эксперимента — путем исполнения приказов — для выполнения отдельных операций либо изменения режимов работы системы;

4) потребность в периодической модификации системы по запросам экспериментаторов вследствие развития методики исследования;

5) наличие нескольких независимых каналов для обмена информацией между ЭВМ и экспериментальной установкой.

Регистрируемая экспериментальная информация обладает следующими характеристиками.

1. Частотный спектр сигналов находится в основном в диапазоне от нескольких герц до 10 кГц.

2. Длина информационного элемента (описание формы сигнала, события в спектре и т. д.) составляет от нескольких единиц до сотен байтов.

3. Период следования регистрируемых событий от 0,1 мс до 10 с.

4. Средняя продолжительность эксперимента от нескольких минут до нескольких часов, возможны эксперименты длительностью до суток и более.

Отсюда ожидаемый объем экспериментальной информации за время одного эксперимента может составлять от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч байтов.

Сложность объекта исследования, нередко необходимость его тщательной и длительной подготовки к эксперименту, обычно достаточно жесткие условия проведения эксперимента (ограниченное время жизни препарата, узкий приемлемый диапазон параметров среды: температура, влажность и т. д.), зачастую невозможность непосредственно повторить эксперимент — эти специфические черты МБИ позволяют говорить об уникальности каждого из них в отдельности, а следовательно, и о повышенных требованиях, предъявляемых к надежности систем автоматизации таких экспериментов.

2. Требования к программному обеспечению систем автоматизации МБИ. Одной из важнейших задач при создании систем автоматизации экспериментов в реальном масштабе времени является задача программирования работы ЭВМ с экспериментальным оборудованием (ЭО). Программа, работающая с ЭО,— сложная и ответственная часть программного обеспечения (ПО). Она наиболее зависима от содержания конкретного исследования и по мере развития методики работы в большей степени подвержена модификациям, чем, например, программы обработки данных. К такому ПО в условиях исследовательских организаций одновременно выдвигается несколько требований: 1) гибкость по отношению к изменениям способа подключения и конфигурации ЭО, методике эксперимента; 2) преемственность результатов программирования и отладки; 3) обеспечение предельных скоростных характеристик программ.

При использовании оборудования в стандарте КАМАК эти требования вырастают в проблему, обусловленную: 1) распространением различных типов контроллеров и интерфейсов для подключения ЭО в стандарте КАМАК; 2) отсутствием в данном стандарте средств обеспечения логической адресации функциональных блоков; 3) ограниченностью доступных средств программирования работы ЭВМ с таким оборудованием.

Помимо этого, систематическое усложнение как методики эксперимента, так и самих установок требует повышения надежности экспериментальных систем и расширения функциональных возможностей, предоставляемых пользователям и разработчикам. Это может быть достигнуто путем создания специализированной операционной системы для каждого эксперимента — прикладной системы (ПС), включающей, например, средства, обеспечивающие возможность сочетания автоматического и пошагового исполнений программы эксперимента, наращивания мощности прикладных операций, автоматического изменения некоторых функций ПС, средства централизованной обработки аварийных ситуаций, тестирования ЭО и работающих с ним программ, измерения эксплуатационных характеристик ПС и др.

3. Описание подхода. 3.1. Некоторое решение объявленных проблем предоставляет комплекс средств для производства ПС автоматического накопления и предварительной обработки данных в реальном масштабе времени (САНПО) [11]. Данный комплекс разработан для мини-ЭВМ с системой команд типа СМ-3, «Электроника-60» и ориентирован на работу с ЭО в стандарте КАМАК. Назначение комплекса — на основании составленного описания на проблемно-ориентированном языке высокого уровня генерировать ПС конкретного эксперимента из набора программных модулей. В состав комплекса входят средства генерации: язык САНПО [12], компилятор, komponующие программы, программы для работы с библиотеками САНПО [13], а также проблемно-ориентированный комплекс программных модулей, не зависящих от методики конкретного эксперимента: модули монитора, подсистемы и модули, реализующие отдельные прикладные операции.

В комплексе САНПО для одновременного решения проблем обеспечения преемственности программирования и отладки, независимости от конфигурации и способа подключения КАМАК-оборудования, гибкости по отношению к методике конкретного эксперимента применяются [14]: 1) способ генерации ПС из модулей на основании описания ПС на языке высокого уровня; 2) новый метод логической адресации функциональных блоков КАМАК-оборудования; 3) унифицированная структура программных модулей; 4) раздельная трансляция программных модулей. Согласно принятому подходу по мере появления новых блоков оборудования и совершенствования методических приемов исследования создаются программные модули для выполнения отдельных прикладных операций. Такие модули раздельно транслируются, отлаживаются и заносятся в

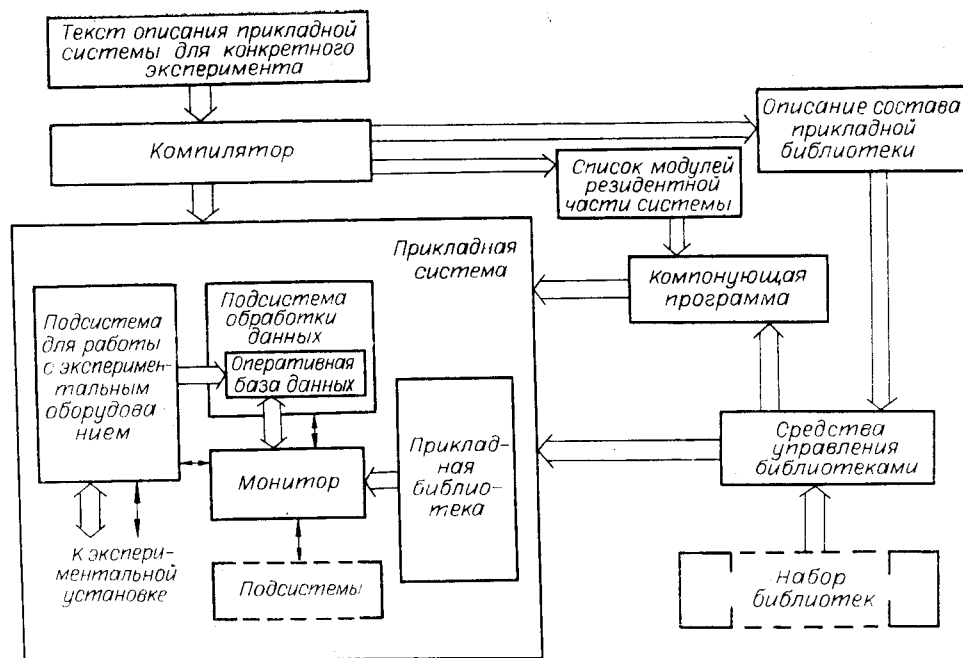


Рис. 1. Схема процедуры генерации прикладной системы; структура прикладной системы.

библиотеки в перемещаемом формате загрузки. При необходимости создать программное обеспечение для конкретного эксперимента на специализированном языке САНПО специфицируются состав оборудования, способ его подключения к ЭВМ, состав и последовательность выполнения прикладных операций. Эта же спецификация используется служебными программами для автоматической генерации ПС. Служебные программы собирают из библиотек требуемые модули, объединяют их, настраивают в соответствии с объявленной спецификацией и в конечном итоге создают ПО эксперимента с заданными функциями. Схема процедуры генерации ПС показана на рис. 1.

Структура ПС включает в общем случае управляющую программу (монитор), некоторую подсистему обработки данных, подсистемы для работы с ЭО в стандарте КАМАК (СЭО) и средства, обеспечивающие взаимодействие между этими компонентами (см. рис. 1). Объединение СЭО со средствами обработки данных в составе ПС автоматически обеспечивается служебными программами на этапе генерации.

3.2. Подсистемы для работы с ЭО в стандарте КАМАК являются такими программными единицами в структуре ПС, для которых возможно раздельное использование и управление. В составе прикладной системы СЭО выполняет инициализацию оборудования, организует начало и остановку эксперимента, обеспечивает обмен данными с ЭО и передает управляющие команды и параметры экспериментальной установке. Функции и состав СЭО определяются описанием и соответствуют методике эксперимента. Минимальными структурными единицами, из которых создаются СЭО, являются так называемые унифицированные программные модули (УПМ) [15]. Заранее созданные и отлаженные УПМ заносятся в библиотеки в виде, не зависящем ни от способа подключения и конфигурации ЭО в стандарте КАМАК, ни, вообще говоря, от методики конкретного эксперимента. УПМ реализуют прикладные операции с одним или группой блоков оборудования и для включения в состав СЭО настраиваются в соответствии с фактическими значениями параметров.

Настройка УПМ является программной реализацией логической адресации регистров КАМАК-оборудования и введена с целью использовать одни и те же УПМ в различных экспериментах без изменений. Помимо этого, выполнение настройки на этапе генерации позволило устранить в командах обращения к оборудованию избыточный уровень косвенной адресации, характерный для двухуровневого подхода [16], и тем самым обеспечить программам предельные скоростные характеристики, достижимые при программировании на Ассемблере.

СЭО для конкретного эксперимента представляет собой набор прикладных программ, komponуемых из УПМ, на основании описания подсистемы на языке САНПО. Прикладными программами для работы с КАМАК-оборудованием (ПЭО) будем называть программные модули, настроенные на конкретные адреса оборудования и определенные области памяти для обмена данными и пригодные для использования в ПО конкретного эксперимента. С целью обеспечения синхронного обмена информацией различных ПЭО подсистемы с оборудованием и быстрой реакции на запросы прерывания из набора ПЭО создается резидент СЭО [17]. Редко используемые ПЭО, а также такие, время исполнения которых несущественно для конкретного эксперимента, могут исполняться в режиме динамического распределения памяти [17, 18]. Состав резидента и нерезидентные программы описываются соответствующими инструкциями языка САНПО [19].

3.3. Для использования СЭО в составе ПС конкретных экспериментов сформулированы принципы построения программного интерфейса между СЭО и остальными компонентами ПС. Эти принципы включают положения о способах инициации исполнения ПЭО, передачи параметров, управления состоянием оборудования и программ, синхронизации работы СЭО и подсистемы обработки данных.

Введены два способа инициации ПЭО (соответствующие двум способам работы с оборудованием): по внешним запросам прерывания и по передаче управления с возвратом.

Способ обмена данными с оборудованием полностью определяется типом контроллера в стандарте КАМАК. Для обмена данными между ПЭО и подсистемой обработки данных принято использование оперативной базы данных (ОБД) [11]. ОБД — некоторая конструкция, которая содержит описание элементов данных (включая их названия и физические адреса). Под элементами данных (ЭД) понимаются буферные участки памяти, содержащие массивы данных, переменные и булевские переменные. Настройка УПМ на абсолютные адреса ЭД, как и настройка на физические адреса оборудования, выполняется на этапе генерации СЭО.

УПМ (а следовательно, и ПЭО) имеет, помимо функционального сегмента, несколько дополнительных программных секций для управления состоянием ЭО и ЭД, с которыми работает данный УПМ. Принятая структура СЭО обеспечивает, с одной стороны, достаточную свободу в выборе способа группирования операций управления, с другой — позволяет сократить число отдельных операций управления и сформулировать одинаковые управляющие приказы для подсистем, применяемых в различных экспериментах.

Для синхронизации работы подсистем ввода и обработки данных введены (в составе ПЭО) упомянутые программные секции, флаг (булевская переменная), сигнализирующий о запросе на выполнение обработки, и флаг требования передать управление СЭО для выполнения операции управления или основной функции.

Предложенная организация работы с КАМАК-оборудованием позволяет обеспечить скоростные характеристики программ, соответствующие достаточно жестким требованиям проблемной области. Так, например, при использовании однотипных контроллеров, описанных в работах [1,

20, 21], время холостого цикла (от момента возникновения запроса прерывания до входа в программу его обработки) составляет около 27 мкс. Для широкого круга МБИ эта оценка является вполне удовлетворительной, что позволяет выполнять ввод экспериментальных данных по программному каналу.

4. Пример описания прикладной системы. 4.1. *Схема прикладной части системы*, предназначенной для изучения регуляции сердечного ритма человека в клинической нейрофизиологии, приведена на рис. 2. Слева показаны блоки в крейте КАМАК, применяемые для организации аппаратной части ПС.

Назовем каналом группу блоков (или один блок), которые обслуживаются одним УПМ. Будем называть канал активным, если некоторому блоку данного канала разрешено генерировать сигнал «Запрос на внимание», и соответственно пассивным, если работа с ним осуществляется по инициативе ЭВМ. На рис. 2 выделено 5 каналов.

Три канала (ТМ1, АРС, С1; SEL, ТМ2; С3) являются активными и обеспечивают соответственно ввод отсчетов электрокардиосигнала (ЭКС) для последующей идентификации R-зубца, регистрацию дыхательной волны и контроль продолжительности отдельного этапа измерений. Пассивные каналы RG и С2 предназначены для вывода управляющего воздействия на объект исследования (например, включение вспышки света) и для хронометрирования времени эксперимента. На рис. 2 линии, проведенные от программ к обслуживаемым ими каналам, обозначают тип канала (сплошные — активные каналы, штриховые — пассивные).

Во время работы системы буфер RRBUF (см. рис. 2) заполняется значениями вычисляемых R-R-интервалов, которые специальным образом помечаются в зависимости от фазы дыхания. Помимо этого, может осуществляться вывод стимулирующего воздействия на объект в соответствии с избранным критерием стимуляции. Предусмотрена возможность модификации режима стимуляции специальным интерактивным приказом с терминала экспериментатора. Смысл отдельных операций, выполняемых системой, ясен из надписей на рис. 2.

Приведенная схема иллюстрирует способ организации накопления экспериментальной информации, поступающей по нескольким независимым асинхронным каналам, работающим одновременно. Инициация процессов преобразования экспериментальных данных выполняется монитором ПС автоматически по мере готовности соответствующих ЭД к обработке. Наличие интерактивного режима работы дает возможность экспериментатору активно управлять процедурой эксперимента, а также при необходимости изменять в некотором объеме функции ПС по ходу работы.

4.2. *Текст описания на языке САНПО системы*, изображенной на рис. 2, представлен на рис. 3. Пронумерованные штриховые линии разделяют текст на 4 части. Группа инструкций на участке 1 описывает ресурс оперативной памяти, занимаемый данной ПС, и используемые ЭД. В разделе 2 (посредством инструкции GET) указаны имена модулей, которые требуется включить в резидентную часть ПС. В нее входят, в частности, универсальные программы, которые могут применяться в составе любой ПС: обработки аварийных ситуаций (ERRRES), частичной проверки работоспособности используемого оборудования (CAMTST), проверки соответствия результатов компоновки СЭО их исходному описанию (DECOMP), совокупность приказов (SET, UNSET, RESUME, SUSPND), предназначенных для управления состоянием КАМАК-оборудования и связанных с ним программ, и ряд других. Часть 3 содержит текст описания СЭО, в котором специфицированы тип используемого контроллера в стандарте КАМАК (параметр NSK инструкции SUBSYS, соответствующий контроллеру к ЭВМ М400 [1]), разработанному в

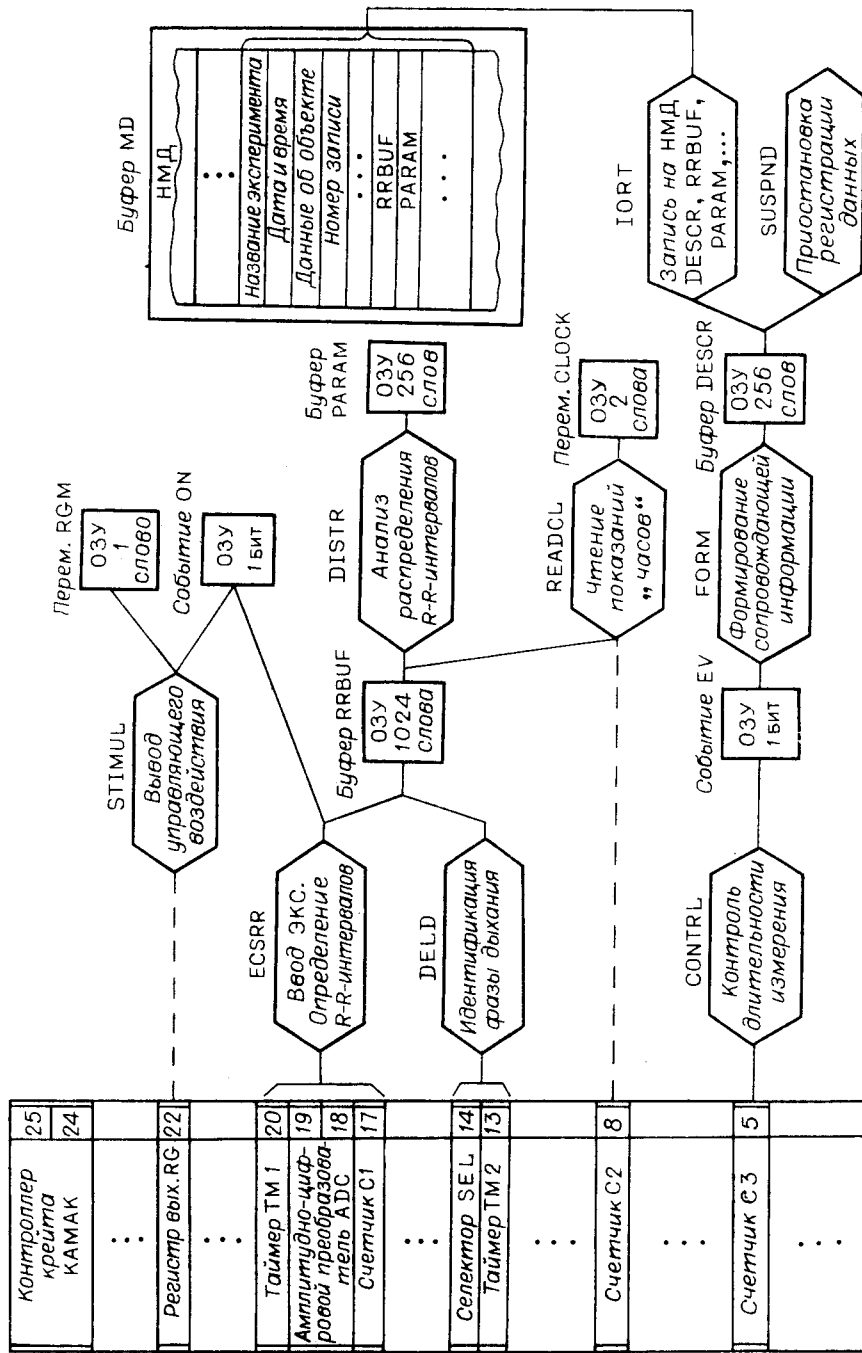


Рис. 2. Пример схемы прикладной системы, предназначенной для изучения регуляции сердечного ритма человека.

```

//----- 1
/CORE 20KW
/FIELD*256W 1 RK:(EXP,DAT)=12KW          ; DATA ELEMENT DESCRIPTIONS
/INT BUFFER RRBUFF(1024W),PARAM(256W),DESCR(256W)
/INT BUF MD(1:4KW),PATDAT(100W)
/DOUBLE INT VARIABLE CLOCK
/INT VAR RGM,PARF=1000,LVL1,LVL2
/EVENT ON,EV
//----- 2
/GET TYFUN,TYCTRL,DOWN,ERRRES,CAMTST,DECOMP
/GET SET,UNSET,RESUME,SUSPND
//----- 3
/LET C3=9, C2=8, TM2=13, SEL=14          ; STATION NUMBERS
/LET C1=17, ADC=19, TM1=20, RG=23
/SUBSYS CAMECS, TYPE:NSK/RESIDENT
/DEVICE 2,PR15,AV:300V,VECTOR:C3=304V,SEL=314V,ADC=330V
/HCASE ADC:ADC,TM1,C1 DO ECSRR(RRBUFF,LVL1,LVL2,ON) ; ACTIVE CHANNELS
/HCASE SEL:SEL,TM2 DO DELD(RRBUFF)
/HCASE C3:C3 DO CONTROL(PARF,EV)
/ATTACH RG TO STIMUL(RGM)                ; PASSIVE CHANNEL
/SUBSYS ,TYPE:NSK
/LINK C2 TO READCL(CLOCK)                ; PASSIVE CHANNEL
/ENDHARDWARE
//----- 4
/CASE RRBUFF DO READCL,DISTR(RRBUFF,PARAM),DOWN(RRBUFF)
/CASE ON DO STIMUL,DOWN(ON)
/CASE EV DO FORM('EXPANM',PATDAT,CLOCK,...,DESCR),DOWN(EV)
/CASE DESCR DO SUSPND('CAMECS'),IGRT('WRITE',DESCR,MD),...,DOWN(DESCR)
/HiERARCHY EV->DESCR
/END

```

Рис. 3. Пример текста описания прикладной системы на языке САИПО.

СИБ НП СО АН СССР), способ подключения и конфигурация оборудования (инструкции DEVICE и LET совместно определяют базовые (начальные) адреса полей регистров и векторов прерываний, адреса запятых векторов и соответствующие им номера станций в крейте), а также способ взаимодействия программ с обслуживаемым оборудованием (инструкции HCASE, ATTACH, LINK). В конце текста описаны схемы процессов преобразования данных. Приоритеты операций заданы инструкцией HIERARCHY.

Управляющие приказы SET и RESUME, которые могут быть инициированы в интерактивном режиме, переводят СЭО и обслуживаемое оборудование в состояние активности, разрешая ввод данных по всем активным каналам. Объявление события EV указывает на окончание фазы эксперимента, что приводит к приостановке регистрации и запись накопленной информации на магнитный носитель.

Заключение. Отличительной особенностью описанного подхода к программированию работы ЭВМ на линии с КАМАК-оборудованием является одновременное использование

- 1) метода логической адресации функциональных блоков КАМАК-оборудования,
- 2) унифицированной структуры программных модулей,
- 3) стандартного интерфейса для обмена данными и управлением между модулями и организующими программами,
- 4) раздельной трансляции программных модулей, метода генерации ПС из модулей, хранящихся в библиотеках в перемещаемом формате загрузки.

Генерация ПС из отдельных модулей выполняется автоматически в соответствии со спецификацией ПС на языке высокого уровня. Исключение человека из этой процедуры в значительной мере снижает число механических ошибок.

Существенную часть общего объема программного обеспечения ПС составляют компоненты, не зависящие от методики конкретного эксперимента (монитор, подсистемы, модули), что позволяет использовать их в составе ПС различных экспериментов.

Единый подход к созданию ПС, опирающийся на унифицированную структуру программных модулей и стандартный интерфейс, обеспечивает: 1) возможность наращивать сервис одновременно для ряда ПС (как ранее созданных, так и новых); 2) возможность сформулировать простые, но эффективные средства индивидуальной и комплексной отладки, тестирования, документирования; 3) экономию затрат на программирование за счет обеспечения преемственности.

Применение описанных средств для генерации ПС автоматизации МБИ позволяет повысить надежность функционирования ПС, легко модифицировать ПС по мере развития методики эксперимента, сократить сроки создания и отладки прикладных систем для конкретных экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. КАМАК-системы автоматизации в экспериментальной биологии и медицине/Под ред. Ю. Е. Нестерихина. Новосибирск: Наука, 1978.
2. Наумов Б. Н., Боярченко М. А., Кабалецкий А. Н. Управляющий вычислительный комплекс СМ-3.— Приборы и системы управления, 1977, № 10.
3. Борисенко В. Д., Плотников В. В., Талов И. Л. Микро-ЭВМ «Электроника-60». — Электрон. пром-сть, 1978, № 10 (70).
4. EUR 4100e, CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Revised Description and Specification.— ESONE Committee, 1972.
5. EUR 4600e, CAMAC. Organization on the Multirate System. Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controller Type A.— ESONE Committee, 1972.
6. Единая система стандартов приборостроения. Система КАМАК. Крейт и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу.— ГОСТ 26.201—80. (Введен. 21.IV.80, группа П70).
7. Нестерихин Ю. Е. и др. Организация систем автоматизации научных исследований (проблемы, методы, перспективы).— Автометрия, 1974, № 4.
8. Талыкин Э. А. Модульное программирование в задачах сбора и обработки экспериментальных данных.— Автометрия, 1976, № 1.
9. Дуди К. и др. Структура программного обеспечения измерительного модуля для ИБР-2.— Сообщение № 10—9060. Дубна: изд. ОИЯИ, 1975.
10. Ходоров Б. И. Проблема возбудимости. Л.: Медицина, 1969.
11. Балуга Г. и др. Комплекс средств для генерации прикладных систем автоматического накопления и предварительной обработки данных.— САНПО.— Сообщение № Р10—12960. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
12. Островной А. И., Саламатин И. М. Язык программирования прикладных систем автоматизации эксперимента.— Сообщение № Р10-80—423. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
13. Балуга Г., Саламатин И. М., Хрыкин А. С. Программа-библиотекарь для машин, программно совместимых с ЭВМ М-400.— Сообщение № 10—12546. Дубна: изд. ОИЯИ, 1979.
14. Балуга Г. и др. Метод настройки в применении к программированию работы ЭВМ на линии с экспериментальным оборудованием. 1. Формулировка подхода.— Сообщение № Р10-80—424. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
15. Намерай Ю. и др. Метод настройки в применении к программированию работы ЭВМ на линии с экспериментальным оборудованием. 2. Структура унифицированных программных модулей.— Сообщение № Р10-80—456. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
16. Halling H., Michelson J. Will Fortran Tolerate with IML? — SWG 20/72, 1972.
17. Балуга Г. и др. Метод настройки в применении к программированию работы ЭВМ на линии с экспериментальным оборудованием. 4. Генерация прикладных программ.— Сообщение № Р10-80—743. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
18. Балуга Г., Островной А. И. Динамическое распределение памяти в системе САНПО для ЭВМ типа СМ-3.— Сообщение № Р10—13004. Дубна: изд. ОИЯИ, 1979.
19. Намерай Ю., Островной А. И., Саламатин И. М. Метод настройки в применении к программированию работы ЭВМ на линии с экспериментальным оборудованием. 3. Описание языка генерации программ, предназначенных для работы

- с экспериментальным оборудованием.— Сообщение № P10-80—480. Дубна: изд. ОИЯИ, 1980.
20. **Val F. et al.** CСII (SAMAC Crate — PDP11 Interface), Type 11G.— CERN — NP. SAMAC Note No. 43—00. Geneva, 1972.
21. **Хрущев С. П. и др.** ИВК в научных исследованиях.— В кн.: Обзор ЦНИИ ТЭИП. М.: Приборостроение, 1979.

Поступила в редакцию 9 марта 1981 г.

УДК 57.08+616.071 : 65.011

**Ю. Л. ГОГОЛИЦЫН, Ю. Л. КАМИНСКИЙ, Ю. Д. КРОПOTOB,
С. В. ПАХОМОВ**
(Ленинград)

АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

В Институте экспериментальной медицины АМН СССР в течение последних десяти лет изучаются нейрофизиологические механизмы психической деятельности [1, 2]. Возможность таких исследований открылась благодаря внедрению в клиническую практику вживленных электродов как средства диагностики и лечения больных паркинсонизмом и эпилепсией. По ходу диагностических и лечебных процедур осуществляется регистрация различных физиологических процессов мозга в состоянии покоя и на фоне выполнения пациентами ряда функциональных проб, в том числе психологических тестов.

Проведенные исследования показали, что наиболее информативным показателем при изучении тонких нейрофизиологических механизмов психической деятельности является активность одиночных нейронов и нейронных популяций различных подкорковых структур и коры головного мозга. Были обнаружены нейрофизиологические корреляты процессов восприятия и переработки слов, простейших мыслительных операций, проявляющиеся в форме изменений частоты разрядов нейронов, изменений структуры импульсных потоков, взаимодействия между нервными клетками [3].

Для технического обеспечения этих исследований нами был разработан аппаратно-программный комплекс, позволяющий регистрировать нейронную активность одновременно по нескольким (до 8) каналам, предъявлять пациенту последовательности зрительных стимулов с заданными экспозициями и интервалами между стимулами, регистрировать вербальные и простые двигательные реакции и анализировать динамику текущей частоты нейронной активности.

Комплекс (рис. 1) построен на базе системы анализа сигналов «Plurimat» (производство фирмы «Intertechnique», Франция) и включает расположенные около пациента усилитель и аппаратуру для предъявления стимулов и регистрации ответов, а также размещенные в отдельной стойке магнорегистратор, блок визуализации и устройства преобразования нейронной активности и акустических сигналов.

Основные характеристики системы анализа сигналов «Plurimat-S». В системе используется процессор «Multi-20». Общий объем оперативной памяти 64 Кбайт, из них 32 К отведены под хранение резидентных модулей операционной системы, программ и массивов пользователя. Остав-