

3-176

На правах рукописи

ЗАЙТМАН Григорий Аркадьевич

УДК 681.9:612.014

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

05.18.11 - Математическое и программное обеспе-
чение вычислительных машин и систем

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук

- Дубна - 1986

Работа выполнена в Институте физиологии им. Богомольца
АН УССР.

Научные руководители:

доктор технических наук
профессор

НИКИТИН
Андрей Иванович

доктор биологических
наук

ПЯТИГОРСКИЙ
Бениамин Яковлевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
профессор

МАЛАШИН
Иван Иванович

кандидат физико-математических
наук

НИДЕККЕР
Ирина Георгиевна

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт
прикладной математики им. Келдыша АН СССР, Москва.

Автореферат разослан "6" марта 1986 г.

Защита диссертации состоится "10" апреля 1986 г. в 10.30
часов на заседании специализированного совета Д047.01.04
при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ,
г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Э.М.Иванченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тематики. Применение ЭВМ в практике физиологических исследований имеет более чем двадцатилетнюю историю. Однако здесь, как и в ряде других областей, автоматизация длительное время проводилась избирательно. Распространение мини-, микро-ЭВМ, перспективы массового выпуска персональных машин постепенно снимают вопросы аппаратного обеспечения САНИ. При этом на первый план выдвигается комплекс вопросов, связанных с подготовкой проблемно-ориентированного программного обеспечения /ПО/, удельный вес которого в стоимости и трудоемкости создания систем автоматизации неуклонно возрастает.

Автоматизация исследований в биологии имеет свои особенности. Перечислим те из них, которые заметно осложняют подготовку ПО:

- рассредоточенность экспериментальных работ; их основной объем выполняется силами небольших групп исследователей; число таких групп достаточно велико /например, в Институте физиологии им. Богомольца АН УССР электрофизиологические исследования проводятся более чем на 60 экспериментальных установках/;
- широкое использование нестандартного периферийного оборудования - прежде всего УСО и средств машинной графики;
- более острый по сравнению с науками физико-технического цикла дефицит квалифицированных программистов;
- наличие большого контингента потенциальных пользователей, не владеющих даже основами программирования.

В этих условиях актуальной является задача создания средств, ускоряющих и упрощающих подготовку ПО САНИ в физиологии и построенных с учетом особенностей применения вычислительной техники в данной предметной области. В частности, необходимо стремиться снизить уровень требований к программистской квалификации разработчиков конкретных систем, так как в роли последних нередко выступают физиологи-экспериментаторы, овладевшие в определенной степени программированием на ФОРТРАНе и имеющие ограниченный опыт использования ЭВМ для решения "невчислительных" задач.

Цель работы состоит в исследовании принципов построения, разработке структуры и реализации ПО, существенно облегчающего автоматизацию электрофизиологических исследований и учитывающего реальные ограничения в возможностях применяемых для этого ЭВМ и периферийного оборудования. При этом необходимо принимать во внимание различия в сложности проводимых исследований, квалификации

Общественный институт
Центр исследований
Библиотека

потенциальных пользователей, разнообразие используемых типов устройств сопряжения с объектом и отображения результатов. Наряду с подготовкой указанных программных средств необходимо на их основе реализовать ряд конкретных САНИ различной сложности, которые позволят применить прогрессивные экспериментальные методики.

Для достижения поставленной цели при работе над диссертацией необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Провести анализ информационных параметров различных видов электрофизиологических экспериментов с точки зрения оптимального применения ЭВМ для сбора и обработки данных, разработать структуру ПО систем автоматизации в электрофизиологии, способного удовлетворить нужды широкого класса исследований, организуемых на базе разнообразных технических средств.

2. Разработать и реализовать средства, обеспечивающие функционирование или ускоряющие создание следующих подсистем программного обеспечения:

- взаимодействия /квази/ параллельных программных процессов; связи с объектом;
- управления экспериментальными данными на ВЗУ;
- пакетов программ обработки и анализа электрофизиологической информации, ориентированных на конечного пользователя;
- машинной графики;
- организации локальной межмашинной связи;
- поддержки взаимодействия непрограммирующего пользователя о пакетами прикладных программ.

Методы исследования. Общая методология исследования и разработки базировалась на использовании научного и технического опыта в области организации структур данных и вычислительных процессов, применения комплексного подхода к проблеме автоматизации экспериментальных исследований, а также принципов системного программирования, теории массового обслуживания, аппарата метрической теории программ, теории синтаксического анализа и перевода.

Научная новизна. В процессе выполнения работы получены следующие научные результаты, выносимые на защиту:

1. На основе анализа электрофизиологических исследований как объекта автоматизации определен состав комплекса программных средств, упрощающего создание систем автоматизации для исследований различной сложности. В рамках создания указанного программного комплекса получены результаты, приводимые ниже.

2. Разработана структура проблемно-ориентированной исполни-

тельной системы реального времени для применения в программно-управляемых многофункциональных приборах, в том числе работающих в экспедиционных условиях.

3. Предложена модель виртуального проблемно-ориентированного устройства связи с физиологическим объектом и варианты его применения для регистрации экспериментальной информации.

4. Сформулированы принципы организации экспериментальных электрофизиологических данных на ВЗУ, обеспечивающие относительную независимость программ обработки от способов физического представления этих данных.

5. Обоснована структура пакета диалоговых программ статистического анализа электрофизиологических данных, представленных в виде рядов наблюдений, а также выполнена оценка уровня языка взаимодействия пользователя с данным пакетом; предложены методика и инструментальные средства его расширения и построения специализированных САНИ. По этой методике, в частности, организовано ПО управляемого нейрофизиологического эксперимента.

6. Разработана архитектура подсистемы визуализации результатов электрофизиологических исследований, ориентированная на аппаратуру графического вывода с ограниченными функциональными возможностями.

7. Предложен протокол локальной межмашинной связи для организации двух и многомашинных систем автоматизации на базе ЭВМ типа ЕС и СМ-3,4, разработанный на основе анализа требований к таким системам при проведении физиологических исследований, а также варианты использования этого протокола а/ для организации обмена данными между внешними устройствами СМ и ЕС ЭВМ; б/ подсоединения СМ ЭВМ в качестве /виртуального/ терминала диалоговой системы коллективного пользования ЕС ЭВМ, в/ организации нейрофизиологических исследований на двухмашинном комплексе на линии с экспериментальной установкой.

8. Определена структура системы лингвистического обеспечения, предназначенной для реализации специализированных языков в проблемно-ориентированных САНИ. Предложены эффективный алгоритм синтаксического анализа, универсальный в классе КС-языков, схемы перевода и способ обеспечения диалогового режима синтаксического анализа для реализации в системе рассматриваемого типа, описан формализм задания синтаксиса языков, сочетающий преимущества КС и Р-грамматик, проблемно-ориентированный язык для расширения пакета диалоговых программ статистического анализа физиологических данных.

объем работы 284 страницы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели исследования, приведено краткое содержание работы, перечислены результаты, выносимые на защиту.

Первая глава носит обзорно-постановочный характер. В ней анализируются общие принципы построения САНИ различной сложности. Выделяются 3 класса систем автоматизации в электрофизиологии:

- 1/ встроенные;
- 2/ автоматизированные рабочие места экспериментаторов;
- 3/ на базе ЭВМ коллективного пользования.

На основе данной классификации рассмотрены структура ПО САНИ, этапы развития работ по автоматизации в электрофизиологии, основные характеристики исследований в данной области при их анализе как объектов автоматизации. В результате выделяются составляющие программного комплекса, призванного упростить и ускорить создание конкретных систем автоматизации.

Вторая глава посвящена исследованию структуры, описанию принципов и особенностей реализации различных подсистем данного программного комплекса.

В третьей главе исследуются вопросы создания ПО для пользователей-непрограммистов. Рассмотрен расширяемый пакет диалоговых прикладных программ для АРМ физиолога-экспериментатора. Приводятся примеры применения описанного в диссертационной работе комплекса программ для организации систем автоматизации, в которых используются прогрессивные методы электрофизиологических исследований.

В заключении перечислены научные и практические результаты работы, указан личный вклад автора в разработку и реализацию различных компонент представленного комплекса программных средств. Приводится список работ по теме диссертации.

В приложениях помещены некоторые результаты по теории перевода, полученные автором в процессе разработки средств лингвистического обеспечения систем автоматизации, обоснование оценки уровня языка взаимодействия о.ППП для АРМ экспериментатора на основе метрической теории программ, а также материалы, подтверждающие практическую ценность результатов диссертационной работы и список использованных сокращений.

Содержание работы

Проведенный анализ параметров электрофизиологических исследований, рассматриваемых как объект автоматизации /интенсивности обмена данными и длительности связи с экспериментальным объектом,

объемов информации, размещаемой на ВЭУ, сложности применяемых алгоритмов обработки и др./ подтверждает закономерность происшедшего в последние годы разделения систем автоматизации в этой области на 3 следующих класса:

1. Программно-управляемые приборы со встроенной в них микро-ЭВМ.
2. Комплексы на базе мини-, микро-ЭВМ с расширенным комплектом периферии и средствами связи с экспериментальной аппаратурой. Такие комплексы допускают накопление и хранение экспериментальных данных на ВЭУ, различные виды обработки данных, отображение результатов в графической форме и представляют собой автоматизированное рабочее место экспериментатора.
3. Для применения методов углубленного статистического анализа, проведения вычислительных экспериментов используются ЭВМ средней и высокой производительности, являющиеся основой многопользовательских систем автоматизации.

В составе ПО систем автоматизации различных классов потенциально имеются подсистемы связи с объектом эксперимента, обеспечения взаимодействия параллельных программных процессов /при работе в реальном времени/, информационного обеспечения /хранения экспериментальных данных на ВЭУ/, обработки полученной информации, графического представления результатов, межмашинной связи, организации интерфейса с конечным пользователем.

Анализ требований, предъявляемых к этим частям программного обеспечения в системах автоматизации каждого из трех указанных классов, показывает, что в ряде случаев для их реализации требуется дополнительная программная поддержка. Ее призван обеспечить описываемый в работе комплекс программных средств. Его составляющие реализованы на общей методологической базе, включающей следующие положения:

- максимальное упрощение структуры, прежде всего за счет тщательного учета специфики области применения;
- виртуализация аппаратных ресурсов, позволяющая достаточно легко использовать нестандартные внешние устройства;
- модульно-иерархический принцип организации.

Ниже дан краткий обзор отдельных компонент разработанного комплекса программных средств и связей между ними.

Программные средства для связи с электрофизиологическим объектом - виртуальное проблемно-ориентированное УСО. В настоящее время в электрофизиологических исследованиях применяются различные типы

аппаратуры связи ЭВМ с объектом. Кроме того, в рамках даже одной архитектуры УСО имеются наборы функционально близких модулей - АЦП, счетчиков и т.п., различающихся, однако, системами своих команд.

Принцип виртуализации ресурсов, предоставляемых прикладной программе, позволяет получить определенную независимость ее от оборудования. Эти же преимущества обеспечивает использование концепции виртуального УСО, ориентированного на применение в конкретной области, что позволяет существенно упростить его модель и реализацию.

В предложенную модель виртуального проблемно-ориентированного УСО входят каналы ввода-вывода аналоговой и двоичной информации, интервальные и "абсолютный" таймеры, источники внешних запросов. Количественные параметры модели выбраны, исходя из потребностей рассматриваемой предметной области /в принципе они могут уточняться из прикладной программы с помощью запросов получения профиля устройства/. Команды рассматриваемого виртуального устройства можно разделить на 4 группы: инициализации, переноса данных, синхронизации, завершения. Основными в процессе связи с объектом являются команды переноса и синхронизации.

Реализация виртуального УСО выполнена для ЭВМ типа СМ-3, 4 и аппаратуры в стандарте КАМАК и УСОБ /проблемно-ориентированное устройство модульно-магистральной структуры, разработанное в Институте физиологии им. Богомольца АН УССР и выпускаемое его опытным производством/. Данная реализация использована в различных программах ввода-вывода электрофизиологической информации - аналоговых сигналов, импульсных потоков и др.

Исполнительная проблемно-ориентированная система реального времени. ПО ЭВМ, встраиваемых в автоматизированные научные приборы, должно обеспечивать многоканальную регистрацию и обработку данных в реальном времени в условиях жестких ограничений по памяти и производительности процессора. Для этого приходится отказываться от резидентных ОС общего назначения и разрабатывать управляющую и другие обеспечивающие программы с учетом специфики области применения.

В диссертации представлено программное обеспечение для систем автоматизации класса I, выполняющее функции исполнительной системы реального времени. Особенностью системы является организация как синхронизации параллельно функционирующих программных процессов, так и передачи сообщений между ними с помощью однонаправленных

очередей конечной длины. Последние реализованы таким образом, что при применении рассматриваются как абстрактный тип данных, для которого определены примитивы: поместить, получить, удалить. Монитор системы управляет деятельностью процессов следующих типов: прикладные - для обработки поступающей от объекта информации и для преобразования накопленных результатов к виду, удобному для вывода экспериментатору, служебные - для вывода результатов и диагностических сообщений на терминал, ввода данных /драйверы/. Проведенный анализ характера и интенсивности возникновения запросов на выполнение прикладных процессов, а также скорости обработки ими таких запросов показал, что для широкого класса исследований появление запроса на активизацию процесса, более приоритетного по сравнению с выполняющимся в текущий момент, не требует немедленного переключения процессов. Смена процессов может быть отложена до конца обработки текущего запроса. Это соображение позволило существенно упростить структуру монитора.

Система реализована для ЭВМ типа "Электроника-60". Она используется, в частности, в приборе многопараметрического физиологического контроля состояния человека и животного, выпущенном опытным производством ИФБ АН УССР и рассчитанном на применение и в экспедиционных условиях.

Подготовка ПО систем класса 2 имеет свои особенности. Набор используемых алгоритмов нельзя заранее определить полностью, он должен дополняться и изменяться силами непрофессиональных программистов. При этом существенной становится роль подсистемы хранения данных на внешних устройствах, призванной обеспечить единое представление информации для различных программ обработки, а также подсистемы обработки, которая должна допускать простую модификацию.

Средства организации экспериментальных электрофизиологических данных во внешней памяти. Задача согласования представления для прикладных программ данных, размещаемых на ВЗУ, решается в рассматриваемой работе с помощью пакета подпрограмм "Проблемно-ориентированный метод доступа к экспериментальным данным".

В электрофизиологии обычно изучаются зависящие от времени процессы $f(t)$. При анализе экспериментальной информации, как правило, просматриваются и обрабатываются все элементы реализации $\{(f_i, t_i), i=1, \dots, N\}$, введенной в ЭВМ. Поэтому такую реализацию /далее называемую также фрагментом данных - ФД/ разумно рассматривать в качестве единицы хранения и обработки.

Программы "метода доступа.." обеспечивают возможность манипулирования экспериментальными данными во внешней памяти на логическом уровне, не интересуясь формой их внутреннего представления. При создании ФД с помощью соответствующих программ метода доступа прикладной программист управляет особенностями физического размещения данных во фрагменте, которое в дальнейшем становится безразличным при использовании этих данных в других прикладных программах, получающих доступ к фрагменту. При этом, благодаря учету характера экспериментальных данных, используемых в рассматриваемой предметной области, расходы внешней памяти на хранение служебной информации /метаданных/, с помощью которой поддерживается требуемая логическая модель представления данных, невелики /проценты и менее/.

В пакете выделены два уровня. На верхнем уровне выполняется согласование логического и физического представлений данных. Нижний уровень осуществляет интерфейс с системой ввода-вывода ОС. Благодаря этому программы верхнего уровня не зависят от типа операционной системы.

Представление результатов электрофизиологических исследований в графическом виде. Существенной частью программного обеспечения рабочего места экспериментатора является подсистема представления результатов в графической форме. Структура такой подсистемы в настоящей диссертации разработана на основе установленных принципов ПО машинной графики с учетом ограничений, накладываемых небольшими вычислительными возможностями используемых ЭВМ и ориентацией на графические устройства, в которых отсутствует какая-либо аппаратная поддержка формирования изображений. К вышеупомянутым принципам прежде всего относятся: многоуровневая организация с выделением в качестве базового уровня виртуального графического устройства и использование концепции метафайла /псевдодисплейного файла/ для хранения изображений на ВЗУ.

Выборанная на основе анализа типовых изображений, формируемых при физиологических исследованиях, простейшая модель виртуального графического устройства легко реализуется не только программно для таких устройств, как двухкоординатные самописцы и осциллографы, контроллеры видеопамати для бытовых телевизоров и т.п./, но и аппаратно /как это сделано в дисплее КОД-2, выпускавшемся опытным производством ИФБ АН УССР/.

Требуемые изображения формируются в прикладных программах с

помощью пакета графических подпрограмм, создающих во внешней памяти псевдодисплейный файл, который затем обрабатывается компилятором дисплейного файла. Последний является составной частью рассматриваемого ниже ППП для АРМ электрофизиолога. Такая организация подсистемы машинной графики обеспечила следующие преимущества: небольшой расход памяти прикладных программ на формирование графического вывода при использовании подпрограмм графического пакета и в то же время достаточно высокий уровень этого пакета, а также его независимость от возможных модификаций компилятора дисплейного файла. Компилятору приданы также определенные возможности по редактированию получаемого изображения непосредственно конечным пользователем.

Сформированный дисплейный файл может быть либо непосредственно выведен на графическое устройство, либо записан в метафайл дисплейных команд виртуального графического устройства. Это позволяет накапливать в виде последовательности кадров большие объемы графической информации и просматривать их затем с помощью специальной программы с регулируемой частотой, в том числе с возникновением эффекта мультипликации, что в ряде случаев облегчает восприятие полученных результатов.

Реализация подсистемы графического вывода выполнена для ЭВМ типа СМ-3,4, "Электроника-60" и пяти различных устройств отображения.

ППП для АРМ электрофизиолога. Рассмотренные выше средства применены в ППП для проведения электрофизиологических исследований, ориентированном на пользователя-непрограммиста. За счет широкого использования компонент базовой ОС /РАФОС/ системная часть пакета сведена к минимуму. По отношению к РАФОС программы пакета являются независимыми загрузочными модулями, обменивающимися данными друг с другом с помощью средств проблемно-ориентированного метода доступа.

Данный ППП состоит из следующих основных частей:

- ввода-вывода экспериментальных данных /в виде ФД/,
- преобразования ФД,
- статистического анализа и других видов обработки ФД,
- генерации ФД,
- визуализации,
- моделирования,
- служебных программ.

Программы ввода осуществляют регистрацию экспериментальных данных /на основе средств виртуального проблемно-ориентированного УСО/ и формирование соответствующих ФД. Программы вывода, наоборот, выдают содержимое ФД на объект. Визуализация ФД возможна на различные алфавитно-цифровые и графические устройства. Программы генерации позволяют создавать фрагменты данных с требуемыми параметрами.

С помощью программ преобразования можно проводить селекцию данных. Наиболее часто это делается в целях коррекции экспериментально полученной информации /отбрасывание артефактов и т.п./ . К данной группе относятся также программы выделения из многоканальных ФД данных по некоторому каналу и, наоборот, включения таких данных в многоканальный фрагмент, выполнения арифметических действий над элементами ФД / например, с целью "растяжения" и "сжатия" данных на временной оси/.

Самую многочисленную группу в рассматриваемом пакете образуют программы статистического анализа фрагментов данных, обеспечивающие построение различных гистограмм /межимпульсных, пост, перистимульных и других/, кросскоррелограмм, кросскорреляционных и автокорреляционных функций, функций спектральной плотности, вычисление критериев согласия и др. При этом наряду с традиционными для электрофизиологии видами анализа реализованы также новые. Экспериментатор взаимодействует с программами пакета по тем же синтаксическим правилам, которые приняты для программ базовой ОС.

Предусмотрены меры и предложены соответствующие инструментальные средства для легкой модификации и расширения возможностей пакета силами непрофессиональных программистов. На базе пакета удобно также строить процедуры исследований, настроенные согласно специфическим потребностям отдельных пользователей. В качестве примера можно указать на организацию управляемого ЭВМ эксперимента по выявлению оптимальной /по некоторому критерию/ последовательности стимулов, подаваемых на вход нейрофизиологического объекта [19].

При создании систем автоматизации класса Э их разработчики испытывают затруднения при решении следующих проблем: распределенность ПО между ЭВМ с персональным типом использования и центральной /при построении двухуровневых систем/, использование на

последней сложных по структуре ППП, освоение которых является для конечного пользователя нетривиальной задачей.

ПО для организации исследований на локальном комплексе ЕС - СМ ЭВМ. Для облегчения организации подобных исследований предложен протокол межмашинной связи, рассчитанный на применение в комплексах простой структуры, когда две или более ЭВМ непосредственно соединяются устройством типа адаптер канал - канал /т.е. соединение скоростное и надежное/. Реализация протокола выполнена для ЕС и СМ ЭВМ и серийного устройства их сопряжения.

Последовательность действий, выполняемых при передаче данных согласно предложенному полудуплексному протоколу, можно разбить на следующие фазы: установление соединения, обмен, приостановка обмена, разрыв соединения. Установление соединения выполняется по симметричной схеме после выдачи с обеих сторон команд, извещающих о готовности к обмену. Во время фазы обмена происходит односторонняя или поочередная двусторонняя передача данных пользователей. Фаза приостановки обмена наступает, когда данные для передачи исчерпаны с обеих сторон или отсутствуют буферы для их приема. Фаза обмена может затем возобновиться по инициативе любой из сторон. Разрыв соединения также происходит по инициативе любой из сторон.

С помощью данного протокола существенно облегчилась реализация таких задач, как организация обмена текстовыми и двоичными файлами между ОС ЕС и РАФОС, подсоединения мини-ЭВМ к диалоговой системе коллективного пользования, функционирующей на ЕС ЭВМ. В качестве примера использования двухмашинного комплекса СМ - ЕС для проведения экспериментальных электрофизиологических исследований укажем на работы по идентификации нелинейных физиологических систем [10].

Лингвистическое обеспечение развитых САИИ. Отсутствие у разработчиков специализированных ППП необходимого опыта в области построения трансляторов заставляет их отказываться от оснащения своих пакетов наглядными входными языками, что в свою очередь затрудняет доступ конечного пользователя к возможностям прикладного ПО, накопленного для универсальных ЭВМ. Одним из наиболее последовательных способов решения данной проблемы является применение подходящей системы построения трансляторов /С/Т/. Предложенная для этого С/Т /реализация выполнена на ОС ЕС/ предназначена для использования в случаях, когда необходимо с небольшими трудо -

затратами создать один или группу специализированных языков, а эффективность трансляции имеет второстепенное значение. Система состоит из набора блоков /процессоров/, выполняющих функции ввода синтаксиса и семантики языка, синтаксического анализа входной программы и семантической интерпретации /генерации выходной программы/. Прототипом данной СПТ является система МУЛЬТИТРАНС для ЭВМ БЭСМ-6. По сравнению с прототипом возможности пользователя существенно расширены, прежде всего за счет создания альтернативных /в том числе диалоговых/ блоков и развития метасемантического языка.

Все процессоры системы реализованы как независимые программы ОС ЕС. Формируемое в результате синтаксического анализа исходной программы дерево грамматического разбора помещается в набор данных, который используется как входной для процессора сборки. Синтаксические и семантические таблицы также располагаются на ВЗУ и связываются с процессорами разбора и сборки на уровне операторов и процедур языка управления заданиями. Это позволяет легко при необходимости использовать с одним синтаксисом некоторого проблемно-ориентированного языка различные семантики.

В процессе проектирования данной СПТ автором были получены новые результаты в теории синтаксического анализа и перевода [2,4].

В диссертации приводятся примеры специализированных языков для моделирования физиологических процессов.

Основные результаты работы

1. Проведен анализ потребностей в проблемно-ориентированном ПО, возникающих при автоматизации электрофизиологических исследований различной сложности и назначения.

2. Впервые в СССР разработана и реализована система ПО, предназначенная для комплексной автоматизации электрофизиологических исследований на базе технических средств различной производительности /программно-управляемые приборы, АРМ экспериментатора, ЭВМ коллективного пользования/ и обеспечивающая независимость прикладных программ от типа УСО, аппаратуры графического вывода, формы хранения данных на ВЗУ, характера взаимодействия с конечным пользователем.

3. Разработан и реализован расширяемый пакет диалоговых прикладных программ для проведения электрофизиологических исследований, ориентированный на пользователя-непрограммиста.

4. Впервые в СССР в рассматриваемой предметной области создано ПО для применения ряда методов исследования, существенно опирающихся на использование ЭВМ:

- многопараметрической комплексной экспресс-диагностики функционального состояния человека и животного в экспедиционных условиях,

- управляемого ЭВМ нейрофизиологического эксперимента,
- идентификации нелинейных биосистем методом "белого шума".

5. Предложены формализмы для описания и алгоритмы синтаксического анализа /в том числе в диалоговом режиме/ проблемно-ориентированных языков.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Варвак Л.П., Зайтман Г.А., Холоденко О.А., Яловенко Н.Л. Реализация универсального синтаксического транслятора на ЭВМ третьего поколения. - В кн.: Математическое обеспечение моделирования сложных систем. Тез. докл. Всесоюз. конф. - Киев: КНИ, 1977, с. 167-168.

2. Зайтман Г.А., Холоденко О.А. Программа синтаксического анализа для произвольных КС-грамматик. - Кибернетика, 1978, № 1, с. 86-89.

3. Зайтман Г.А., Синявский А.Л., Холоденко О.А. Средства создания диалоговых языков и систем программирования в системе МТ /Мета-транслятор/. - В кн.: Материалы II Всесоюзного совещания "Диалог-79". - Серпухов; ИФВЭ, 1980, с. 407-409.

4. Зайтман Г.А., Холоденко О.А. Об одном способе описания контекстных условий. - Кибернетика, 1980, № 2, с. 188-189.

5. Пятигорский Б.Я., Чинаров В.А., Зайтман Г.А. и др. Система автоматизации физиологических исследований. - В кн.: Приборное оснащение и автоматизация научных исследований в биологии. - Тез. докл. Всесоюз. конф. - Кишинев: Тимпул, 1981, с. 181-182.

6. Пятигорский Б.Я., Черкасский В.Л., Зайтман Г.А. Программно-аппаратное обеспечение для графического представления результатов обработки биологических экспериментов. - Там же, с. 180-181.

7. Пятигорский Б.Я., Зайтман Г.А. Структура модульного устройства для связи микро-ЭВМ с биологическим объектом. - Там же, с. 152-153.

8. Гусев В.В., Дорий Я.П., Зайтман Г.А. и др. Реализация обмена информацией между ЕС и СМ ЭВМ в проблемно-ориентированной системе автоматизации научных исследований. - Там же, с. 153-154.

9. Черкасский В.Л., Зайтман Г.А. Программно-аппаратное обеспечение ввода импульсных потоков в СМ ЭВМ. - Там же, с. 179.

10. Зайтман Г. А., Косицкий Н. Н., Пятигорский Б. Я и др. Проблемно-ориентированный вычислительный комплекс для идентификации нелинейных биологических систем. — Автометрия, 1981, № 4, с. 75-80.
11. Березецкая Н. М., Зайтман Г. А., Холоденко О. А. Систематический подход к проектированию диалоговых систем. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюз. конф. "Диалог Человек-ЭВМ", ч. I. — Л.: ЛИАП, 1982, с. 19-21.
12. Зайтман Г. А. Машинная графика на базе дисплея КОД-2. — В кн.: Всесоюз. конф. "Диалог-82-микро". — Пущино: НЦБИ, 1982, с. 86-88.
13. Гусев В. В., Дорий Я. П., Зайтман Г. А. и др. Протокол локальной связи ЕС и СМ ЭВМ и его реализация. — Программирование, 1983, № 6, с. 50-57.
14. Зайтман Г. А., Рубашев С. Ю. Организация взаимодействия мини-ЭВМ с диалоговой системой на ЕС ЭВМ. — В кн.: Материалы II Всесоюзного межвузовского семинара "Теория и практика построения и использования диалоговых систем в ВЦКП". — М.: МИФИ, 1984, с. 23-24.
15. Пятигорский Б. Я., Зайтман Г. А. Повышение независимости программного обеспечения электрофизиологических экспериментов от аппаратно-программного окружения системы автоматизации. — В кн.: Всесоюзный семинар "Математические и вычислительные методы в биологии". — Пущино: НЦБИ, 1985, с. 197-198.
16. Синявский А. Л., Зайтман Г. А., Холоденко О. А. О разработке системы построения трансляторов для специализированных языков, ориентированной на персональный режим использования. — В кн.: Материалы школы-семинара "Системные и прикладные аспекты диалога на персональных ЭВМ". — Тбилиси, 1985, с. 171-172.
17. Пятигорский Б. Я., Березецкая Н. М., Зайтман Г. А., Черкасский В. Л. Пакет диалоговых прикладных программ для автоматизированного рабочего места электрофизиолога. — В кн.: Тезисы IV Всесоюз. конф. "Диалог Человек-ЭВМ", ч. 2. — Киев: ИК АН УССР, 1986, с. 115-116.
18. Пятигорский Б. Я., Зайтман Г. А., Черкасский В. Л. Основные вопросы автоматизации медико-биологических исследований. — В кн.: Приборы и устройства для теоретической и практической медицины. — Киев: Наукова думка, 1985, с. 7-12.
19. Пятигорский Б. Я., Зайтман Г. А., Черкасский В. Л., Чинаров В. А. Автоматизированный электрофизиологический эксперимент. — Киев: Наукова думка, 1985. — 220 с.