

917595

К 856

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 681.3.06

11-88-367

КРЮКОВ

Александр Павлович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ, ОТЛАДКИ, СОПРОВОЖДЕНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

**Специальность: 05.13.11 - математическое
и программное обеспечение вычислительных машин
и систем**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1988

Работа выполнена в лаборатории аналитических вычислений в физике высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ им. М.В.Ломоносова.

Научный руководитель:
доктор физико-математических
наук, профессор

Хрусталеv
Олег Антонинович

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических
наук, профессор

Шириков
Владислав Павлович

кандидат физико-математи-
ческих наук

Панкратьев
Евгений Васильевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт
физики высоких энергий, Протвино.

Автореферат разослан " 15 " августа 1988 года.

Защита диссертации состоится " 13 " октября 1988 года
в 12 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

Шо₂

В.М.Иванченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. История науки и техники не знает ни одного другого примера столь бурного развития, как развитие вычислительных машин и их программного обеспечения. Возникнув в 40-х годах нашего века, современные ЭВМ вышли на такой этап своего развития и применения, когда существование материального производства, сферы научных исследований немыслимо без компьютеризации. Следует, однако, отметить, что до сих пор в своем массовом применении ЭВМ используются в качестве быстродействующих арифмометров. Хотя первые попытки использовать ЭВМ в интеллектуальных областях деятельности человеческого разума были предприняты практически в момент возникновения самих ЭВМ, реальные успехи в этом направлении были достигнуты лишь сравнительно недавно. Одним из таких примеров являются получившие в последнее время развитие системы аналитических вычислений (САВ). Эти системы позволяют применить ЭВМ в такой, казалось бы традиционной области человеческой деятельности, как алгебраические выкладки. Первые системы аналитических вычислений появились в середине 60-х годов. В основном они были ориентированы на узкий класс задач, как правило, относящихся к квантовой электродинамике. В настоящее время область применения систем аналитических вычислений существенно расширилась. САВ используются как в традиционных областях науки и техники, таких, как квантовая теория поля, небесная механика, математика, так и во многих других, включая механику, физику плазмы и так далее. Можно утверждать, что развитие аналитических вычислений представляется не просто очередным шагом на пути автоматизации научных исследований, а принципиально новым направлением, позволяющим ставить и решать такие задачи, которые до недавнего времени были просто недоступными. Как в свое время ЭВМ взяли на себя бремя численных расчетов, так, используя САВ, человек переложит на них рутинные аналитические выкладки.

Разумеется, новый этап использования компьютерной техники со всей остротой ставит вопрос об эффективном использовании самого ценного ресурса в системе "человек - ЭВМ" - человеческого времени. Это тем более важно в системах аналитических вычислений, где, в силу специфики задач, поиск решения той или иной проблемы зачастую происходит путем опробования многочисленных вариантов, когда заранее неизвестен способ достижения цели. Исследовательский характер решаемых задач требует наличия в САВ эффективного диалога с человеком.

Опыт, накопленный разработчиками различных систем аналитических вычислений, позволяет сформулировать основные требования к диалогу "человек - ЭВМ". В комплекс программ, обеспечивающих этот диалог, должны входить:

- интерактивный редактор;
- файловая система;
- диалоговый отладчик;
- численно-аналитический интерфейс;
- графическая подсистема;
- информационно-справочная система;
- система обслуживания баз данных и знаний САВ;
- сервисные средства.

Эти компоненты должны удовлетворять нескольким требованиям, таким, как удобство использования, экономичность, реактивность, надежность, мобильность. Состав программного обеспечения и требования к нему говорят за то, чтобы это программное обеспечение было реализовано в виде интегрированной подсистемы внутри той или иной САВ.

В качестве базовой системы аналитических вычислений была взята система REDUCE. Выбор этой системы в качестве базовой был связан с распространенностью системы REDUCE как в СССР, так и во всем мире, удобством входного языка, широким спектром математических возможностей. Важной особенностью системы REDUCE является высокая мобильность. В настоящее время система REDUCE эксплуатируется практически на всех типах современных компьютеров, начиная от персональных компьютеров IBM PC-XT и кончая суперкомпьютерами CRAY-1S.

С учетом всего выше сказанного, была спроектирована и реализована интегрированная система ROS (REDUCE Operating System), главной задачей которой является обеспечение пользователя удобными и эффективными диалоговыми средствами разработки, сопровождения и эксплуатации математического обеспечения системы аналитических вычислений.

Система ROS состоит из ряда программных модулей, которые в совокупности обеспечивают сопровождение программ пользователя на всех этапах их жизненного цикла. Основными функциями системы ROS являются:

- создание, хранение, удаление, копирование, просмотр наборов данных пользователей;

- выполнение программ, написанных на языке REDUCE ;
- отладка программ в диалоговом режиме;
- редактирование программ;
- осуществление синтаксического контроля;
- обмен информацией с магнитными дисками;
- информационная поддержка диалога;
- сбор статистики в процессе выполнения программы;
- визуализация информации с использованием псевдографических средств вывода;
- численно-аналитический интерфейс;
- контроль и модификация базы знаний.

В целях обеспечения высокой мобильности системы ROS все ее модули реализованы на языке символьной моды системы REDUCE RLISP. Общий объем памяти, занимаемый ROS, составляет около 50К байт для машин серии ЕС. Накладные расходы при использовании системы ROS не превышают 10-15% от общих затрат машинного времени, что является приемлемым для пользователя.

В настоящее время находятся в эксплуатации следующие модули и подсистемы системы ROS:

- модуль обслуживания псевдофайлов;
- редактор псевдофайлов;
- модуль обмена информацией с внешними носителями;
- пошаговый алгебраический трассировщик;
- справочно-информационная подсистема;
- модуль сбора и обработки статистики;
- модуль псевдографики;
- модуль интерфейса с базой знаний системы REDUCE ;
- компилятор образцов;
- модуль численно-аналитического интерфейса.

Методы реализации и возможности этих модулей и подсистем описаны в диссертации.

Цель работы. Целью диссертационной работы является исследование и развитие интегрированных диалоговых систем для систем аналитических вычислений, обобщение опыта их создания, разработка методов проектирования и реализация интегрированных диалоговых систем на основе системы аналитических вычислений REDUCE.

В соответствии с главной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- исследовано взаимодействие пользователя с ЭВМ в процессе диалога в системе "человек - ЭВМ" с учетом психологических особенностей человека;

- проведен анализ и сформулированы требования, предъявляемые к современным интегрированным диалоговым системам для САВ;

- спроектирована и реализована интегрированная диалоговая система ROS с учетом выработанных требований и критерия к диалогу "человек - ЭВМ";

- исследована эффективность разработанной интегрированной системы с точки зрения запросов машинных ресурсов;

- проведено сравнительное исследование производительности конечного пользователя, применяющего и не применяющего данные средства.

Научная новизна. Впервые была реализована интегрированная диалоговая система, предназначенная для разработки, сопровождения и эксплуатации математического обеспечения систем аналитических вычислений. Интегрированная диалоговая система удовлетворяет следующим требованиям:

- реактивность (время задержки ответа пользователю увеличивается не более чем на 10-15%);

- экономичность (полный объем оперативной памяти, необходимой для загрузки системы ROS, около 50 К байт);

- надежность (практически полное восстановление информации после перезагрузки системы);

- мобильность (возможность работы на любых типах компьютеров, где имеется система REDUCE).

Впервые для систем аналитических вычислений реализован компилятор образцов, позволяющий без потери эффективности использовать программы, написанные на алгебраической моде системы REDUCE.

Предложен и реализован новый вид арифметики - приближенная рациональная арифметика, использование которой позволяет контролировать как относительную, так и абсолютную ошибку в процессе численных расчетов.

Практическая ценность. Интегрированная диалоговая система ROS внедрена и успешно эксплуатируется в ряде ведущих научно-исследовательских институтов страны. Система распространяется совместно с усовершенствованной в НИИЯФ МГУ версией системы REDUCE под общим названием REDUCE-2.5.

В настоящее время система REDUCE-2.5 внедрена в НИИ сильноточной электроники СО АН СССР, в Томском государственном университете, в филиале Института атомной энергии, и в Институте проблем механики АН СССР, включена в качестве стандартного математического обеспечения в систему коллективного пользования (СКИ-2) МГУ, в рамках которого прошла государственные испытания. Отдельные компоненты ИДС ROS нашли применение в СИЯИ (Дубна), ФА АН СССР.

В 1984/87 учебных годах система с успехом применялась в процессе обучения студентов физического факультета МГУ.

Область применения полученных результатов. Результаты исследований и разработок могут быть эффективно использованы при проектировании аналогичных средств для других систем аналитических вычислений. В случае выбора в качестве базового языка реализации языка LISP и его диалектов возможно непосредственное использование программного обеспечения после небольшой адаптации. В настоящее время ИДС ROS может сочетаться с любой версией системы REDUCE, начиная с REDUCE-2,5 и кончая REDUCE-3.3-3,3.

Публикации. По результатам исследований, составившим основу диссертации, опубликовано 16 работ за период с 1983 по 1988 год.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Общий объем реализованного математического обеспечения составляет около 5000 строк на языке символьной моды системы RLISP.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были доложены:

- на Всесоюзной конференции "Системы аналитических преобразований в механике", Горький, 1983 г.;

- на III Всесоюзной конференции "Диалог человек - ЭВМ", Серпухов, 1984 г.;

- на республиканской конференции "Теория и практика автоматизированных систем аналитических преобразований", Вильнюс, 1984 г.;

- на Международном совещании по системам аналитических преобразований и их применению в теоретической и математической физике, Дубна, 1985 г.;

- на I Всесоюзной конференции "Психологические проблемы создания и использования ЭВМ", Москва, 1985 г.;

- на симпозиуме по символьным и аналитическим преобразованиям SYMSAC'86, Онтарио, 1986 г.;
- на европейской конференции по компьютерной алгебре EUROCAL'87, Лейпциг, 1987 г.

Цикл работ по диалоговой версии системы REDUCE, в который вошли результаты данной работы, получил II премию на конкурсе молодых ученых НИИЯФ МГУ в 1985 г.

Все результаты подробно докладывались на научных семинарах лаборатории аналитических вычислений в физике высоких энергий НИИЯФ МГУ, Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ (Дубна), а также на семинарах Москвы, Ленинграда, Тбилиси, Вильнюса.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, ее научная и практическая ценность. Указана область применимости полученных результатов.

В первой главе. Дается краткий обзор основных систем аналитических вычислений и их средства диалога с пользователем. Более подробно рассматривается система REDUCE. На основании анализа требований к эффективному диалогу "человек - ЭВМ" в свете специфики аналитических выкладок показана актуальность проектирования интегрированной диалоговой системы, которая должна обеспечить поддержку разработки, отладки, сопровождения и эксплуатации математического обеспечения для систем аналитических вычислений на ЭВМ. Обосновывается выбор системы REDUCE в качестве базовой системы для реализации ИДС.

Во второй главе рассматриваются состав ИДС ROS и ее основные возможности. дается краткое описание файловой подсистемы, интерактивного редактора, диалогового трассировщика, графической подсистемы и численно-аналитического интерфейса. В этой же главе рассматриваются языковые средства, направленные на взаимодействие с базой знаний системы REDUCE, ее контроль и модификацию. В частности, описан компилятор образцов, имеющий самостоятельную ценность.

В третьей главе описан принцип построения и реализации системы ROS и основных ее подсистем. Анализируются способы

организации файловой подсистемы и работа с псевдофайлами интерактивного редактора. Исследуются вопросы организации процесса отладки программ с учетом специфики аналитических вычислений. Обсуждаются вопросы конкретной реализации диалога с пользователем в рамках системы аналитических вычислений REDUCE.

В четвертой главе рассматривается рациональная арифметика фиксированной точности. Обсуждаются вопросы соотношения предложенного типа арифметики с fix- и float-slash арифметиками. Показаны преимущества рациональной арифметики фиксированной точности перед ними.

В пятой главе рассмотрены математические основы метода частичных вычислений и их применение для компиляции правил подстановок в системе REDUCE.

В заключении перечислены основные результаты диссертационной работы и возможное дальнейшее их развитие.

Приложения содержат описание команд ИДС ROS и примеры работы подсистем.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты диссертации состоят в следующем.

1. Проведен анализ и сформулированы требования, предъявляемые к диалогу "человек - ЭВМ" при работе с системами аналитических вычислений.
2. На основе данного анализа спроектирована и реализована, с использованием базовой системы аналитических вычислений, интегрированная диалоговая система ROS, которая предоставляет следующие основные возможности:
 - набор, изменение, редактирование программ без прерывания сеанса работы;
 - выполнение программ, хранящихся в псевдофайлах ИДС ROS;
 - обмен информацией между псевдофайлами ROS и файлами на внешних носителях информации.
3. В рамках ИДС ROS разработана и реализована подсистема диалоговой отладки программ на языке REDUCE и сбор статистики по динамике вызовов и/или временной динамике выполнения всех типов объектов системы REDUCE.

4. Организована псевдографическая визуализация получаемой информации с применением нового типа арифметики – рациональной арифметики фиксированной точности.

5. Существенно расширены базовые возможности по контролю и модификации базы знаний системы REDUCE, включая проектирование и реализацию компиляции правил подстановок.

6. Реализован принципиально новый тип подстановок – подстановки на операторы с произвольным числом аргументов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

- I. Крюков А.П.
Антитранслятор языка RLISP.
Труды совещания по системам и методам аналитических преобразований на ЭВМ и их применению в теоретической физике. ОИЯИ Д-11-83-511, Дубна, 1983, с.191-195.
2. Kruykov A.P. An antitranslator of RLISP language.
SIGSAM Bull., 1984, v.18, no.3, pp.12-15.
3. Крюков А.П., Родионов А.Я.
Проблема контроля и модификации базы знаний системы аналитических вычислений REDUCE. Тезисы доклада на республиканской конференции "Теория и практика автоматизированных систем аналитических преобразований", Вильнюс, ИЦКСНХ ЛитССР, 1984, с.79-81.
4. Крюков А.П., Родионов А.Я.
Система динамической отладки для программ на языке REDUCE. Тезисы доклада на Всесоюзной конференции "Системы аналитических преобразований в механике", Горький, Изд. университета, 1984, с.26-27.
5. Kruykov A.P., Rodionov A.Ya.
Dynamic debugging system for REDUCE programs.
SIGSAM Bull., 1985, v.19, no.2, pp.34-37.
6. Крюков А.П., Родионов А.Я.
Интерактивный REDUCE – Новые диалоговые возможности при работе с системой REDUCE.
Материалы III Всесоюзной конференции "Диалог человек – ЭВМ", Серпухов, ИФЗ, 1984, с.192.

7. Kruykov A.P., Rodionov A.Ya.
Interactive REDUCE.
SIGSAM Bull, 1985, v.19, no.3, pp.43-45.
8. Крюков А.П., Литвинов Г.Л., Родионов А.Я.
Применение системы REDUCE для построения рациональных аппроксимаций. Международная конференция по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, ОИЯИ, ДП-85-791, Дубна, 1985, с.322-326.
9. Kruykov A.P., Litvinov G.L., Rodionov A.Ya.
Construction of rational approximations by means REDUCE.
Proc. of int. conf. SYMSAC'86, Canada, 1986, pp.31-33.
10. Крюков А.П.
Опыт развития диалоговых средств системы REDUCE. Международная конференция по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применение в теоретической физике. ОИЯИ, ДП-85-791, Дубна, 1985, с.388-393.
11. Kruykov A.P.
Dialog in REDUCE: Experience and development.
Proc. of int. conf. SYMSAC'86, Canada, 1986, pp.107-109.
12. Крюков А.П., Родионов А.Я., Тоом А.И.
Информативная обратная связь – условие продуктивного диалога между человеком и автоматизированной системой. Тезисы доклада на Всесоюзной конференции "Психологические проблемы создания и использования ЭВМ", М.: МГУ, 1985, с.132-134.
13. Крюков А.П., Родионов А.Я., Ростовцев В.А.
Компиляция образцов в системе REDUCE.
Препринт ОИЯИ, Дубна, 1987, Р-11-87-302, 10 с.
14. Крюков А.П., Родионов А.Я.
STS – диалоговая система для отладки программ на языке аналитических вычислений REDUCE.
Препринт НИИЯФ МГУ, 88-001/22, М., 1988, 14 с.
15. Крюков А.П.
Математические основы техники частичных вычислений.
Препринт НИИЯФ МГУ, 88-005/30, М., II с.

16. Kryukov A.P., Rodionov A.Ya.
Program "COLOR" for computing the group-theoretic
weight of Feynman diagrams in non-abelian gauge theories.
CPC, 1988, v.48, pp.327-334.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 мая 1988 года.