

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-382

Т.Ф.Смолякова

**ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ
В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ**

1986

1. ВВЕДЕНИЕ

Графическое представление результатов моделирования используется во многих областях науки и техники. С появлением на ЭВМ высококачественных устройств графического вывода (прецизионных графопостроителей, графических дисплеев с высокой разрешающей способностью) применение средств машинной графики для анализа данных становится необходимой частью современных систем численного моделирования.

Широкий класс задач вычислительной математики может быть представлен многопараметрическими моделями. При исследовании поведения этих моделей в зависимости от значения тех или иных параметров оказывается весьма полезным применение средств машинной графики как для качественной оценки промежуточных данных, так и для окончательного представления результатов моделирования.

В данной работе рассматриваются методика и функциональные возможности программ, разработанных для графического представления данных в следующих задачах:

- исследование состояния полярона в пространстве параметров модели^{/1/};
- нахождение связанных солитоноподобных состояний в длинном джозефсоновском переходе с неоднородностью^{/2/};
- эволюция возмущений в тонкой капиллярной струе^{/3/}.

На примере из прикладной области показана возможность простой адаптации созданного программного обеспечения к другим задачам графического представления данных.

2. ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ОБЩАЯ МЕТОДИКА

Расчеты исходных моделей проводились на ЭВМ CDC-6500 и ЕС-1060 (в дальнейшем назовем их "моделирующими" ЭВМ). Из-за отсутствия на этих ЭВМ графических устройств необходимого качества потребовался перенос полученных данных на БЭСМ-6 (назовем ее "графической" ЭВМ), где имеется прецизионный графопостроитель с возможностью вывода цветных изображений.

Чтобы исключить процедуры преобразования форматов данных, использовался текстовый формат. Представление данных в виде текстовых файлов существенно упростило перенос данных с одной ЭВМ

на другую и позволил использовать стандартные системные средства "графической" ЭВМ для просмотра и редактирования данных с терминала в режиме диалога.

Для каждого применения была использована своя программа. Создание отдельной программы (точнее, отдельной версии основной программы) для каждой задачи было обусловлено, в первую очередь, необходимостью быстрого получения иллюстративного материала в условиях, когда отсутствовали обобщенные требования и опыт графического представления данных для рассматриваемого класса задач. Кроме того, существенные различия в форматах данных, уже выбранных пользователями, а также различия в требованиях к графическим возможностям повлекли за собой в каждом случае создание собственных процедур доступа к данным и специальных модификаций основной программы, с помощью которых производилось представление требуемых графических элементов для конкретной задачи.

Важным моментом явилось требование такого быстрого действия программы, при котором ее работа укладывалась бы в установленное время отладки (5-10 минут) и не требовался бы специальный заказ времени на ЭВМ. Известно также, что величина общего объема памяти, который необходим для выполнения программы, оказывает существенное влияние на астрономическое время нахождения задачи в машине, а именно: меньшая по объему программа имеет возможность завершиться в более короткий срок. Последние два фактора также способствовали тому, что был выбран подход "отдельная программа для каждого применения".

Общая схема использования средств машинной графики для представления результатов в указанных задачах сводилась к следующим этапам:

1. Вывод результатов моделирования из "моделирующей" ЭВМ в виде текстовых файлов в формате пользователя на промежуточный носитель.

2. Ввод результатов моделирования и организация соответствующих текстовых файлов на "графической" ЭВМ.

3. Контрольная выдача данных в графическом и текстовом виде с целью анализа их корректности, а также для подбора удовлетворяющих пользователя режимов управления графическим выводом.

4. Коррекция, если требуется, данных (исправление грубых ошибок, восполнение данных, если они имеют симметричный характер, дополнение данных комментариями и т.п.). В случае некорректируемых ошибок или неполных результатов моделирования — возврат к исходной задаче моделирования для получения недостающих данных и переход к первому этапу.

5. Вывод окончательных результатов моделирования в графическом виде с использованием отлаженных режимов управления выводом.

Итогом работы графических программ должен быть иллюстративный материал, пригодный для использования в публикациях.

Каждая графическая программа, с общей точки зрения, реализует следующие основные процедуры:

- доступ к данным (результатам моделирования);
- управление изображением данных в графическом виде;
- вспомогательный сервис, связанный в основном с режимами отладки.

Для построения изображений на "графической" ЭВМ использовался пакет ГРАФОР^{4/}; его нижний уровень, учитывающий специфику графического устройства, был адаптирован в ЛВТА ОИЯИ для цветного графопостроителя.

Все графические программы реализованы на языке Фортран. В своей работе помимо основных библиотек они используют подпрограммы из библиотек 21, 23, 04, 05 (ГРАФОР), а также из личной библиотеки для обработки байтов при анализе символьной информации.

3. ПРОГРАММА TOGRA

Программа TOGRA предназначена для графического представления данных, получаемых при исследовании модели полярона, которая в данном случае описывается однопараметрической волновой функцией^{1/}.

3.1. Структура и формат данных

Результаты моделирования представлены на "графической" ЭВМ в виде нескольких групп данных. Каждая группа содержит информацию о трех функциональных зависимостях: Y_1 , Y_2 , Y_3 . Данные о четвертой зависимости: $Y_4 = -(Y_2 - Y_1)/X$, вычисляются с помощью графической программы.

Структура данных отдельной группы в текстовом файле имеет следующий вид:

Первая строка : a N H
Следующие $(N/5 + 1)$ строк : данные для Y_1
Следующие $(N/5 + 1)$ строк : данные для Y_2
Следующие $(N/5 + 1)$ строк : данные для Y_3

Таким образом, в одной группе содержится $(3N + 20)/5$ строк текстовых данных. Здесь a — некоторый параметр взаимодействия, характеризующий данную группу, N — число точек в каждой кривой (размерность массивов, выделяемых для Y_1 , Y_2 , Y_3), H — шаг по оси X между соседними точками.

Особенностью формата данных (кроме структуры) является представление чисел с двойной точностью и наличие символов, требующих перекодировки.

3.2. Функциональные возможности программы TOGRA

В программе TOGRA реализованы разнообразные функциональные возможности. В зависимости от требований пользователя для их выбора во входном пакете указываются:

- местоположение текстового файла данных;
- титульная строка, предназначенная для вывода в заголовке всего рисунка;
- номер начальной группы графиков, число групп (от 1 до 3), число точек в кривых (частный случай контроля корректности данных);
- максимальное число точек в графиках (чтобы иметь возможность не изображать неинформативную часть графиков за пределами указанного лимита);
- режим вывода данных (только печать, только рисование, рисование с печатью), формат листа (250x250 мм или 190x250 мм);
- общий диапазон изменения переменных (можно указать автоматический выбор);
- размер и положение зон рисования на странице для разных групп;
- масштабные коэффициенты графиков для каждой группы (если требуется);
- тип линий: сплошная, штрихпунктирная, штриховая длинная, штриховая короткая (если требуется);
- цвет графиков — 6 цветов (если требуется).

Каждая группа графиков в своей зоне рисования имеет собственный подзаголовок, например $\alpha = 0,6$, который формируется программой на основе значения, выделенного из анализируемой группы.

Отметим, что наиболее отличным от других применений в данной задаче было требование изображения графиков одной группы (то есть в одних осях) в существенно разных масштабах. Кроме того, эти масштабы могли изменяться от группы к группе. Именно для реализации такой возможности была введена спецификация масштабов отдельных графиков и предусмотрено изображение на странице таблицы масштабов для удобства анализа получаемого графического материала.

Пример графического вывода с использованием программы TOGRA приведен на рис.1. Программа с загрузкой всех системных и библиотечных подпрограмм требует для своей работы около 12К слов памяти БЭСМ-6. Коммерческое время работы программы при изображении трех групп (каждая из четырех графиков по 80 точек) с полной распечаткой данных составляет около четырех минут. При блокировке распечатки затраты коммерческого времени сокращаются в два раза.

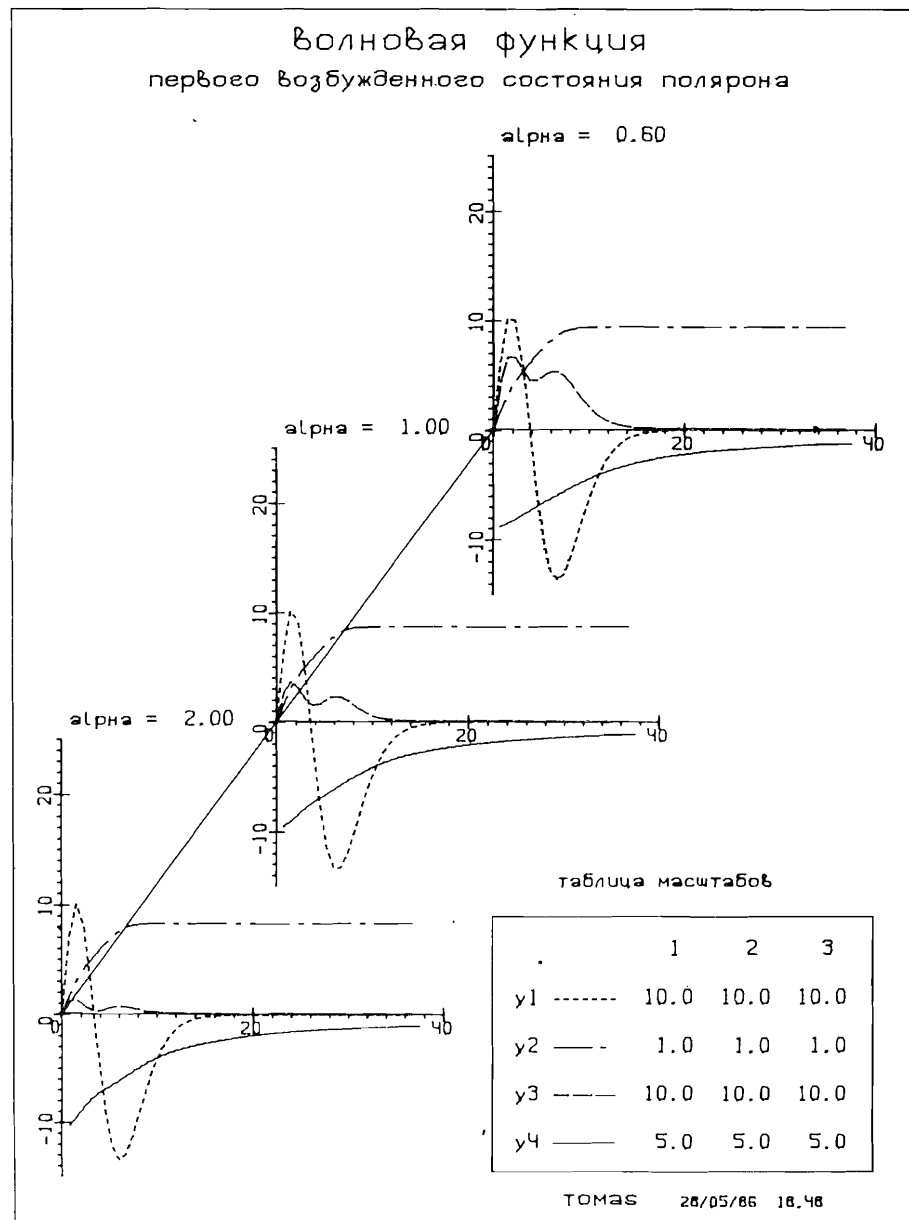


Рис.1

4. ПРОГРАММА SOGRAN

Программа SOGRAN обеспечивает графическое представление результатов моделирования в задаче нахождения связанных солитоноподобных состояний в длинном джозефсоновском переходе с неоднородностью^{1/2}. Параметрами задачи являются длина перехода l , координата неоднородности x_0 , размер неоднородности μ , а также напряженности магнитного поля на концах перехода h_0 и h_l . В зависимости от значений этих параметров могут существовать несколько решений с различной энергией.

Исследование модели проводилось на ЭВМ ЕС-1060. По мере получения результатов они передавались на "графическую" ЭВМ БЭСМ-6 для последующего анализа и представления.

4.1. Структура и формат данных

В рассматриваемой задаче данные представлены в виде нескольких текстовых файлов, каждый из которых соответствует отдельному, так называемому "случаю". Под "случаем" здесь понимается совокупность решений нелинейной задачи при фиксированных значениях l , x_0 и μ .

В свою очередь отдельное решение содержит для некоторого набора значений аргумента (в качестве которого взята напряженность магнитного поля) несколько вычисленных наборов значений для отдельных физических величин, например первого собственного числа, полного потока, полной энергии и др. (всего до шести зависимостей).

Представляет интерес одновременное графическое изображение для отдельной физической величины всех зависимостей, полученных для разных решений одного случая. Такое представление получило название "листа".

Кроме того, для сравнительного анализа оказалось полезным в рамках одной графической картинке изображение нескольких одноименных листов для разных случаев, различающихся длиной перехода.

Общие сведения об объеме данных этой задачи приведены в таблице. Общее число функциональных зависимостей составляет около 200, число вычисленных точек — несколько тысяч. Поэтому очевидны преимущества автоматизированного графического представления результатов численного моделирования.

Исходя из структуры данных и требований к их графическому представлению, а также с учетом формата данных, принятого на "моделирующей" ЭВМ, реализован следующий внутренний формат текстового файла на "графической" ЭВМ.

Каждое решение представлено совокупностью текстовых строк; каждая строка содержит семь полей, с нулевого до шестого. В нулевом поле расположено значение аргумента, общее для всех значений отдель-

Таблица

Номер случая	Параметры	Номер зоны	Число зон	Число решений	Число функций
1	4 2 1	35	1	4	4
2	5 2 1	37	2	8	5
3	7 2 1	60	6	10	6
4	5 3 1	55	3	4	6
5	7 3 1	45	5	8	6

ных функций, которые размещаются в полях 1-6 соответственно. Допускается отсутствие в произвольном порядке каких-либо значений функций, если они не были вычислены (тогда в поле находится пробел).

Специальные управляющие строки, отличающиеся наличием символов ЕС в первых двух позициях, служат разделителями между отдельными решениями. Специальная строка, имеющая символы ЕЕ в первых двух позициях, используется в качестве признака конца случая.

Чтобы обеспечить наглядность и удобство при просмотре, редактировании и распечатке данных, предусмотрена возможность добавления в текстовый файл строк-комментариев. Эти строки отличаются наличием в первой позиции любого символа, не совпадающего с пробелом и буквой Е.

Таким образом, в текстовом файле допускаются строки трех типов: с числовой информацией, управляющей информацией и комментариями. Последние две позволяют, в частности, получать текстовые документы на печати в удобной для использования форме непосредственно из текстового файла на "графической" ЭВМ.

4.2. Функциональные возможности программы SOGRAN

Созданная на основе программы TOGRA программа SOGRAN имеет в значительной степени те же функциональные возможности. Ее отличительными особенностями являются:

- более сложная и универсальная структура данных;
- возможность работы с несколькими текстовыми файлами для получения одного графического изображения;
- уменьшение требований к пользователю для спецификации режимов работы, в том числе за счет автоматического выбора по умолчанию ряда параметров рисования (зон рисования, типа и цвета линий и т.п.);
- расширение возможностей представления титульных заголовков и ряд других.

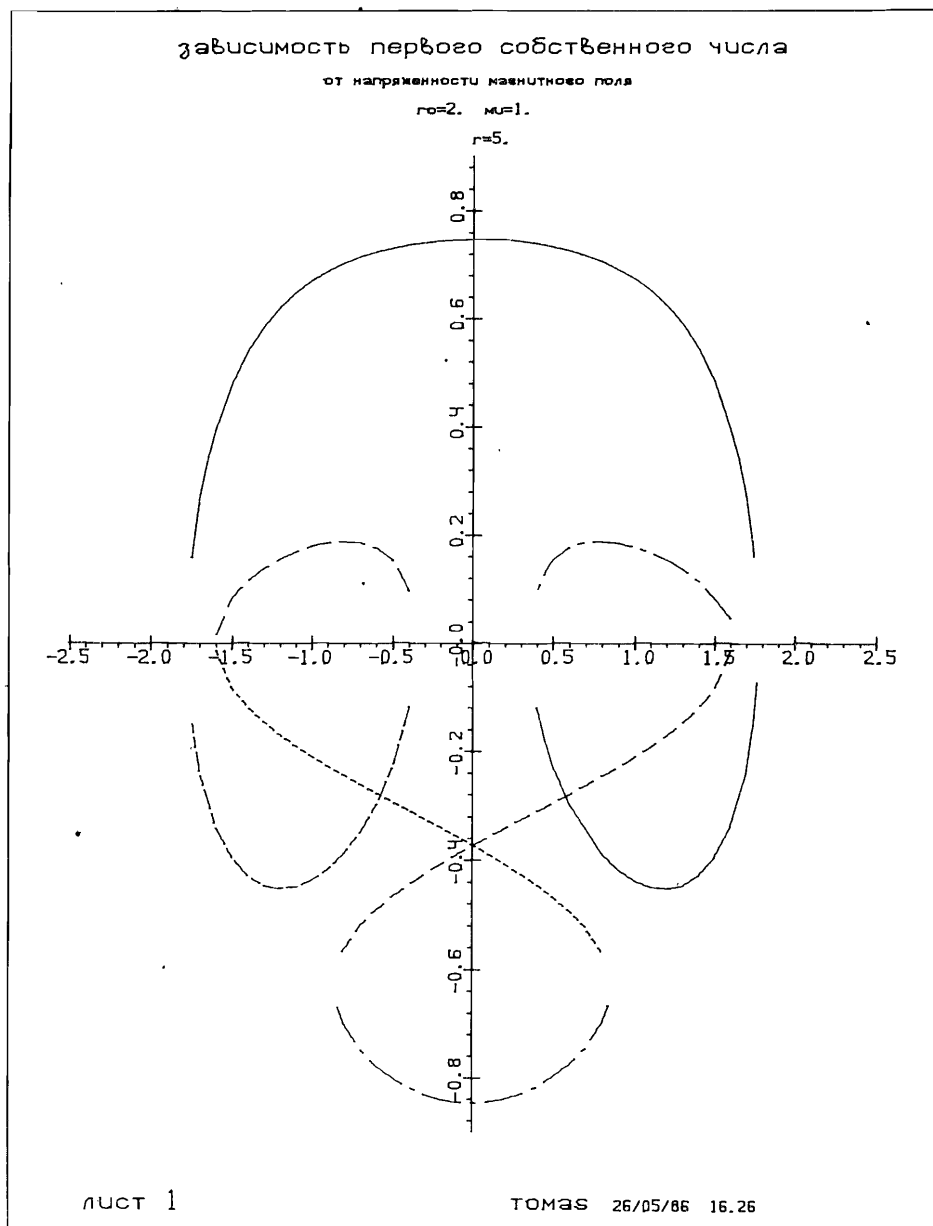


Рис.2

Пример графического изображения, полученного с помощью программы SOGRAN, представлен на рис.2.

Данная программа по объему и требуемым ресурсам отличается от программы TOGRA примерно на 15-20% в сторону увеличения.

5. ПРОГРАММА STREAM

Программа STREAM предназначена для графического представления результатов моделирования в задаче исследования возмущений в тонкой падающей капиллярной струе жидкости, которая в результате эволюции распадается на капли^[3]. Распад струи происходит из-за сил поверхностного натяжения. При моделировании изучаются эффекты, связанные с распространением возмущений синусоидального вида в зависимости от параметров модели. В частности, так называемое число Фруда определяет степень приближения формы струи к цилиндрической, от его значения зависит длина волны и скорость нарастания амплитуды возмущений, а также длина струи до точки распада.

Представляет интерес графический анализ результатов моделирования путем совместного изображения для различных значений числа Фруда отдельных характеристик модели, таких, как толщина струи, амплитуда возмущений и др. в процессе ее эволюции от точки истечения до точки распада (вдоль оси X).

Так как в рассматриваемой задаче существовала возможность предварительного выбора структуры данных для представления результатов моделирования, то в качестве таковой была выбрана структура данных программы SOGRAN. Поэтому отличия в реализации программы STREAM были связаны, в основном, с обеспечением дополнительных графических возможностей.

Используя ранее принятую терминологию, можно сказать, что отдельные решения в рамках одного "случая" отличались друг от друга значением числа Фруда и по требованиям задачи необходимо было графическими средствами указать соответствие между каждым графиком и числом Фруда. В отличие от первой задачи, где различие в назначении графиков можно было указать, используя различный тип линий (сплошная, штриховая и т.п.), в этой задаче такой подход оказался недостаточным.

Благодаря общей структуре данных предварительный графический анализ результатов был выполнен с помощью программы SOGRAN. Он показал, что для изображения некоторых графиков линейная аппроксимация заданных значений функций недостаточна и весьма желательна аппроксимация сплайнами. К сожалению, при использовании сплайн-аппроксимации ГРАФОР допускает изображение только сплошных кривых. Так как использование цвета возможно только на этапе анализа и недоступно при подготовке графического материала для публикаций, то для того, чтобы различать на общей картин-

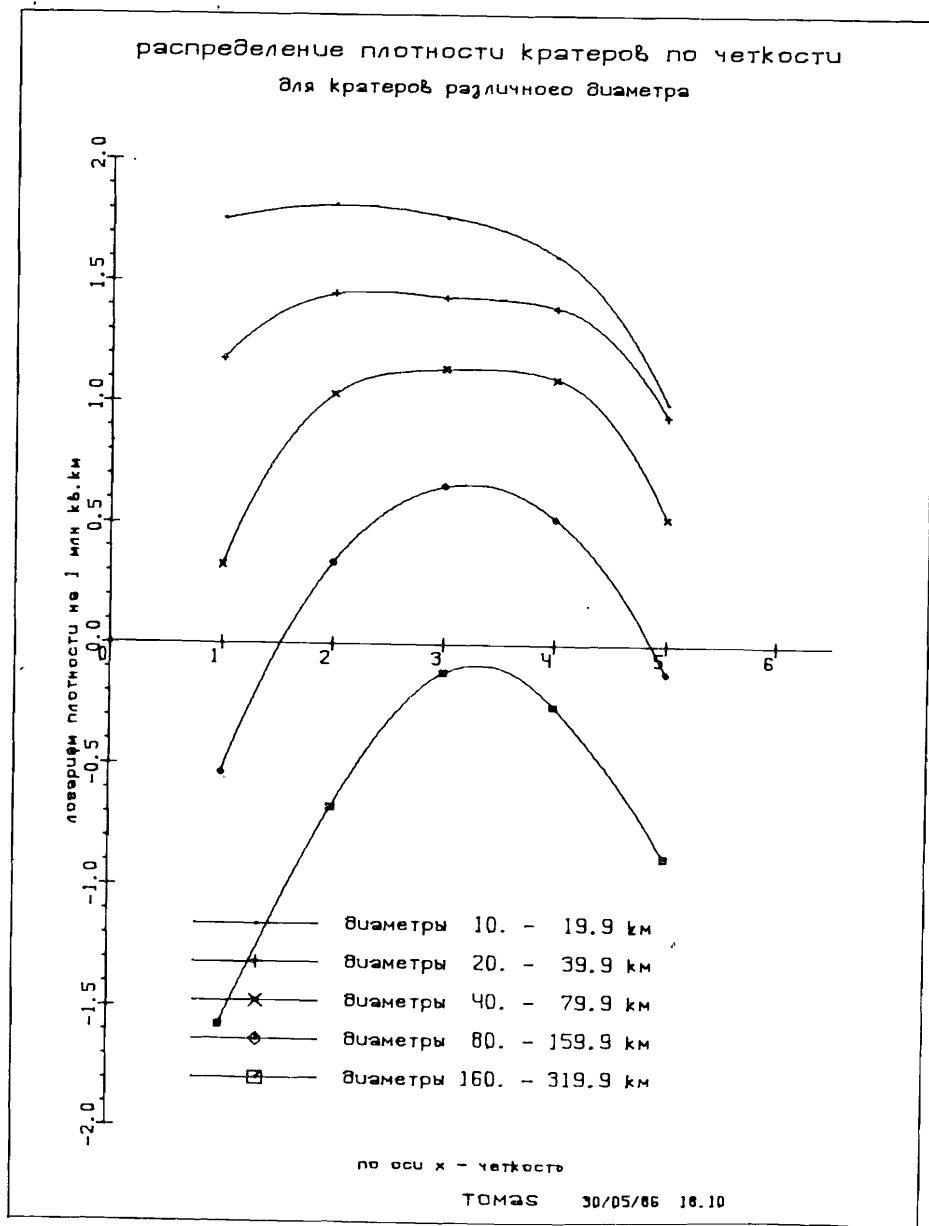


Рис.4

исходной задачи моделирования. Тем не менее полученный опыт позволяет выделить некоторые предварительные общие требования к графическому представлению результатов моделирования для случаев изображения функций одной переменной. К этим требованиям относятся:

- изображение нескольких функций в общих осях координат, различающихся способом аппроксимации точными значениями;
- идентификация графиков как с помощью линий разного типа, так и посредством нанесения пояснительных надписей;
- изображение нескольких групп графиков на одном рисунке;
- использование разных масштабов при изображении графиков одной группы;
- наличие титульного заголовка рисунка, состоящего из нескольких строк, а также подзаголовков отдельных групп графиков;
- использование нескольких форматов изображения для учета специфических требований к графическому материалу при подготовке публикаций;
- наличие отладочных режимов, которые позволяют, в частности, получать дополнительную распечатку данных, а также сокращать объем графического вывода на этапе предварительного анализа данных;
- использование правила умолчания, когда установка режимов работы графического пакета, не указанных пользователем, выбирается графической программой автоматически на основе анализа данных.

С увеличением числа задач с графическим представлением данных оказывается целесообразным создание некоторого командного языка, с помощью которого пользователь, не вникая в правила и особенности применения графических пакетов (типа ГРАФОР), мог бы указать способ доступа к своим данным и специфические требования к графическому изображению в его задаче. В основу такого командного языка можно положить принципы и подходы, разработанные ранее для диалоговых систем^{17/}.

Особенно широкие возможности для графического представления и анализа данных открываются при внедрении персональных ЭВМ, которые наряду с другими задачами с успехом могут выполнять функции "графической" ЭВМ и интеллектуального терминала в локальной вычислительной сети.

Так как в ряде организаций уже проводятся работы по переводу пакета ГРАФОР на персональные ЭВМ, опыт использования этого пакета в задачах вычислительной математики может оказаться полезным и в этом перспективном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амирханов И.В. и др. ОИЯИ, P11-85-445, Дубна, 1985.
2. Бояджиев Т.Л. и др. ОИЯИ, P11-85-807, Дубна, 1985.

3. Радов С.П. Сб. докладов V национального съезда по теории и прикладной механике. Варна, 1985.
4. Баяковский Ю.М., Галактионов В.А., Михайлова Т.Н. ГРАФОР. Графическое расширение фортрана. "Наука", М., 1985.
5. Карлов А.А., Родионова Ж.Ф., Смолякова Т.Ф. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по проблемам машинной графики и цифровой обработке изображений. Институт автоматки и процессов управления ДВНЦ АН СССР, Владивосток, 1985.
6. Галактионов В.В., Каданцев С.Г., Шириков В.П. Материалы Международного совещания по программированию и математическим методам решения физических задач. ОИЯИ, Д10,11-11264, Дубна, 1978.
7. Karlov A.A., Polyntsev A.D., Smolyakova T.F. Proc. of the Sixth Int. Symp. on Mini and Microcomputers and Their Applications. Budapest, 1980.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжёлых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1986 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединённого института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Смолякова Т.Ф. P10-86-382
Графическое представление данных
в некоторых задачах вычислительной математики

Рассматриваются методика и функциональные возможности программ, созданных для графического представления результатов моделирования в ряде задач вычислительной математики (исследование состояний полярона, нахождение связанных солитоноподобных состояний в длинном джозефсоновском переходе с неоднородностью, эволюция возмущений в тонкой капиллярной струе). Сформулированы предварительные общие требования к графическому представлению результатов моделирования для такого рода задач. Показано, что предложенная методика и программы могут быть использованы в других областях графического представления и анализа данных.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Smolyakova T.F. P10-86-382
Graphical Data Representation
for Some Computational Mathematical Problems

Methods for constructing and capacities of programs created for the purposes of model experiments in some mathematical problems are considered. These are: the problem of polaron states, the problem of soliton-like states in inhomogeneous Josephson junctions, the evolution of perturbation in a vertical liquid jet, etc. Some general requirements are formulated for these graphic representations. It is shown that the methods and the programs proposed could be used for investigation of similar problems where data analysis and graphic representations are involved.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986