

С 179

Д-361

К 116

+

1096/79

ДЕРЕНДЯЕВ, Ю.С. и др.
Б1-11-12199.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-11-12199

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

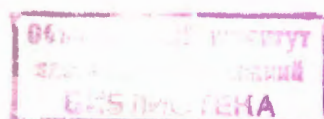
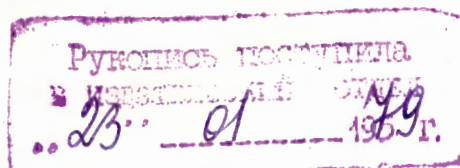
Дубна 1979

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

51-11-12199

Ю.С.Дерендяев, А.А.Карлов, Т.Ф.Смолякова

**АНАЛИЗ И СИНТЕЗ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ЛАПЛАСА И ПУАССОНА
С ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ I И II РОДА В РЕЖИМЕ ДИАЛОГА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УДАЛЁННОЙ ДИСПЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ**



Дубна, 1979

I. Введение

Развитие вычислительной техники привело к широкому внедрению ЭВМ на всех стадиях планирования и проведения физического эксперимента. Последние годы были отмечены совершенствованием средств общения человека с ЭВМ, появились устройства визуального представления графической и буквенно-цифровой информации на базе электронно-лучевых трубок (дисплей). Использование графических дисплеев в экспериментальной физике, которое уже доказало перспективность этого направления^{/1/}, наряду с возможностью выдачи на экран в наглядной форме исходных данных и результатов расчёта, позволяет организовать работу в режиме активного взаимодействия пользователя с ЭВМ.

Одни из классов задач, где использование дисплеев начало приносить практическую пользу в первую очередь, являются задачи проектирования физических установок и, в частности, разного рода задачи расчёта электрических и магнитных полей. В этих задачах необходимо подбирать конфигурацию и граничные условия некоторой области (или областей) так, чтобы созданное внутри рабочего объёма поле отвечало заданным требованиям. Традиционный метод решения таких задач (метод "проб и ошибок") в условиях пакетного режима работы ЭВМ требует много машинного времени для расчётов и затрат для анализа получаемых результатов.

Одним из первых опытов разработки и применения дисплейной методики в задачах такого рода явилась работа^{/2/}, выполненная несколько лет назад на ЭВМ CDC-1604 Объединённого института ядерных исследований (ОИЯИ), в составе внешних устройств которой

имеется графический дисплей с развитым математическим обеспечением /3/.

Сочетание вычислительных мощностей ЭВМ с научной интуицией и опытом исследователя позволили обеспечить не только значительное повышение эффективности проводимой работы, по сравнению с традиционными методами решения в условиях пакетного режима, но выявили принципиально новые возможности анализа.

Графические диалоговые системы, которые появились в последнее время, являются мощным инструментом, предоставляющим в руки пользователя наряду с возможностью формирования и выдачи на экран сложных изображений, системные средства, позволяющие с большей эффективностью и минимальными затратами на программирование организовать диалог "человек-ЭВМ".

В данной работе рассматривается применение одной из таких диалоговых систем для решения краевых задач методом сеток на удаленной дисплейной станции (УДС) /4/, созданной на базе малой ЭВМ М-6000 (16К 16-разрядных слов) и обеспечивающей в режиме диалога доступ через линии связи к ЭВМ БЭСМ-6 центрального вычислительного комплекса (ЦВК) Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) /5/. Работа проводилась в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации совместно с Отделом новых методов ускорения. В качестве иллюстрации рассматриваются решения уравнений Лапласа и Пуассона в области со сложными границами, на которых заданы граничные условия. Для решения этих уравнений применяется конечно-разностный метод, особенно удобный для реализации его на ЭВМ, который заключается в построении прямоугольной сетки, шаг которой по обеим осям задается в качестве исходных данных и замене дифференциальных уравнений в частных производных приближенным уравнением для каждой узловой точки сетки. Используется цилиндрическая система координат. На рисунках, полученных с экрана дисплея, горизонтальная ось соответствует оси z , а вертикальная ось — оси R .

Дисплейные версии рассматриваемого комплекса программ с 1975 года регулярно используются для расчета электрических и магнитных полей при проектировании физических установок.

II. Методика использования.

2.1 Математический аппарат.

Постановка задач во многих областях приложений математики (электростатики, установившихся колебаний, теплопроводности и др.) приводит к дифференциальным уравнениям в частных производных эллиптического типа; в частности к уравнениям Лапласа, Пуассона и к волновому уравнению.

Когда рассматриваемые процессы имеют осевую симметрию или однородны вдоль одной оси трёхмерного пространства, поставленные выше задачи решаются в двумерной области с заданными граничными условиями.

Таким образом предлагаемая программа решает уравнения вида:

$$a \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + b \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + c \frac{\partial u}{\partial x_1} + d \frac{\partial u}{\partial x_2} + eu + 1 = 0 \quad (I)$$

где $a, b \neq 0$ и $a-1$ могут быть функциями x_1 и x_2 .

Решение ищется внутри области, ограниченной простыми замкнутыми кривыми, которые задаются координатами совокупности граничных точек для каждой кривой. Соседние граничные точки соединяются прямыми линиями, образуя сегменты. На отдельных сегментах кривых известно либо значение функции, либо значение нормальной производной. Участки кривых с известными нормальными производными должны быть параллельны осям координат. Координаты граничных кривых и значения функции на границе задаются в качестве исходных данных и могут меняться оперативно пользователем при решении обратной задачи (задачи синтеза).

На область, в которой ищется решение уравнения (I), накладывается сеть (рис. I).

Размер сетки определяется элементами $\Delta x_1, \Delta x_2$ соответствующими шагу сетки по осям x_1 и x_2 .

Используя разложение функции u в ряд Тейлора в точках 1, 2, 3, 4 получим выражения производных функций u в точке M через $u_M, u_1, u_2, u_3, u_4; \Delta x_1, \Delta x_2; h_1, h_2, h_3, h_4$, где h_i — расстояние от точки M до точки $i(1, 2, 3, 4)$ в единицах Δx_1 или Δx_2 .

Заменяя производные в уравнении (I) выражениями (2), получим для каждой узловой точки M уравнение:

$$U_M = C_1 U_1 + C_2 U_2 + C_3 U_3 + C_4 U_4 + C_5, \quad (3)$$

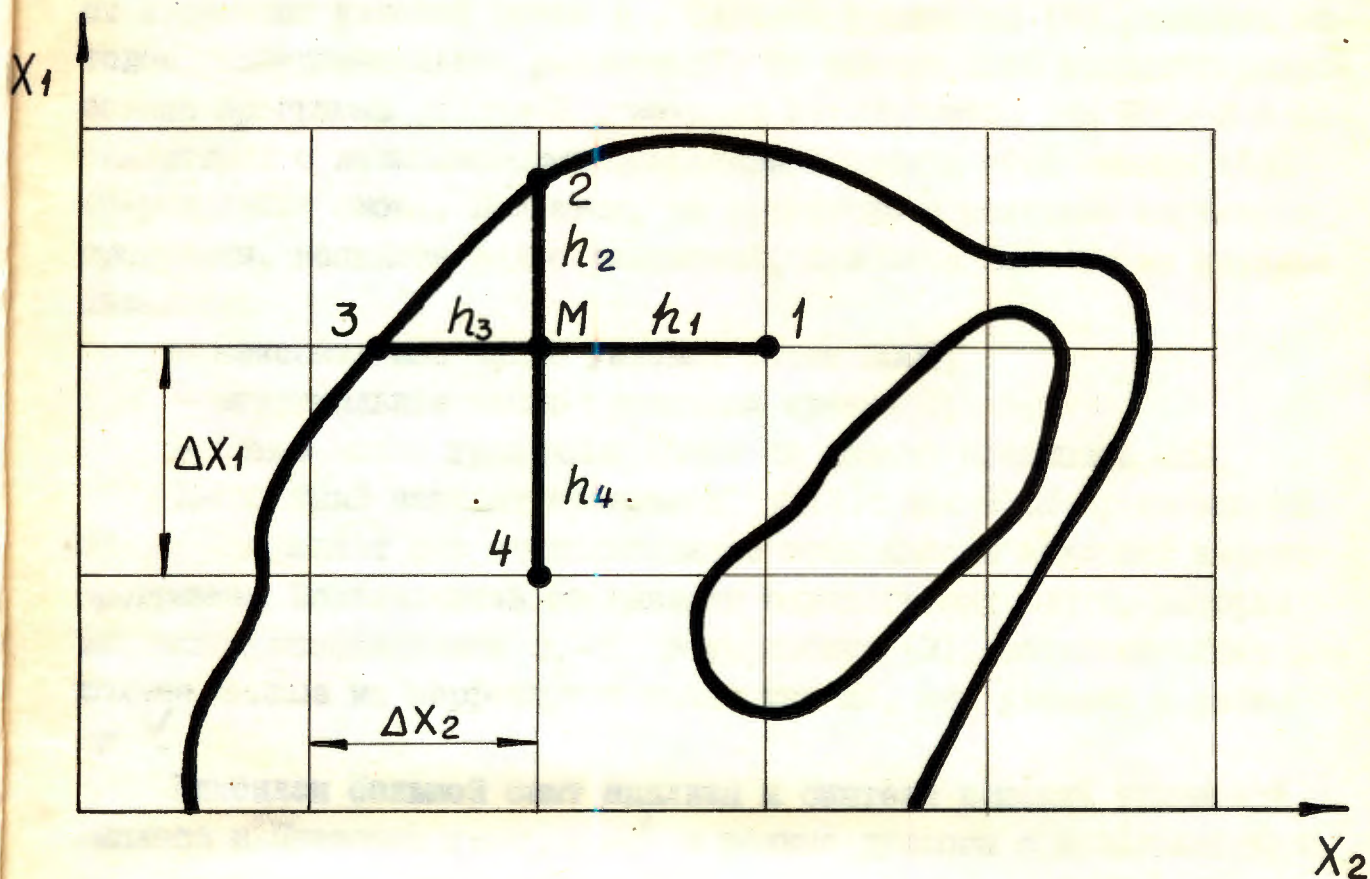


Рис. I.

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial X_1^2}\right)_M = \frac{2}{\Delta X_1 h_1 h_3 (h_1 + h_3)} [h_3 U_1 + h_1 U_3 - (h_1 + h_3) U_M]$$

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial X_2^2}\right)_M = \frac{2}{\Delta X_2 h_2 h_4 (h_2 + h_4)} [h_4 U_2 + h_2 U_4 - (h_2 + h_4) U_M]$$

(2)

$$\left(\frac{\partial U}{\partial X_1}\right)_M = \frac{1}{\Delta X_1 h_1 h_3 (h_1 + h_3)} [h_3^2 U_1 - h_1^2 U_3 - (h_3^2 - h_1^2) U_M]$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial X_2}\right)_M = \frac{1}{\Delta X_2 h_2 h_4 (h_2 + h_4)} [h_2^2 U_2 - h_4^2 U_4 - (h_2^2 - h_4^2) U_M]$$

где c_1-c_5 функции h_1-h_4 , Δx_1 , Δx_2 и (через коэффициенты $a-f$) от координат узловой точки M . Система уравнений (3) решается методом последовательных релаксаций. На основе этой методики разработана программа ELLIPT^{/6/}, которая адаптирована для БЭСМ-6 в соответствии с возможностями оперативной памяти этой машины (64К 48-разрядных слов). При этом, по сравнению с исходным вариантом программы, появился ряд ограничений, наиболее важными из которых являются:

- максимальное число узловых точек 2000;
- максимальное число граничных кривых 5;
- общее число граничных точек не должно превышать 250.

Дисплейный вариант программы ELLIPT для БЭСМ-6, названный DSELPT сохраняет все вычислительные возможности исходной версии программы. Пользователь составляет подпрограмму GETSQ, которая вычисляет коэффициенты c_1-c_5 в уравнении (3), подготавливает исходные данные на перфокартах точно так же, как указано в работе^{/6/}.

Накоплен большой опыт анализа и синтеза решений уравнений Лапласа и Пуассона $\Delta u=0$, $\Delta u=f$ в режиме диалога с использованием удалённой дисплейной станции.

2.2. Техническое обеспечение.

Наличие УДС, обеспечивающей в режиме диалога доступ к ЭВМ БЭСМ-6, позволяет пользователю принять активное участие как в процессе редактирования (подбора) исходных данных, так и, что особенно важно, в процессе анализа полученных результатов, так как последний носит творческий характер, как правило, не поддаётся алгоритмизации и во многом зависит от опыта и научной интуиции исследователя.

В состав УДС входят: перфоленточное оборудование, телетайп, накопитель на магнитной ленте, устройство сопряжения для работы на линии связи с БЭСМ-6 ЦВК; графический дисплей СИГДА^{/7/} с клавиатурой и световым карандашом, имеющий в своём составе генераторы векторов, символов, окружностей и т.д., графический дисплей на запоминающей трубке^{/8/} и алфавитно-цифровой дисплей "Видеотон-340".

Кроме того, в распоряжении пользователя УДС имеется допол-

нительный дисплей "Видеотон-340", который подключен к БЭСМ-6 через систему МУЛЬТИТАЙП^{/9/}. Благодаря тому, что программа и первоначальные данные записаны на магнитном диске, имеется возможность дистанционного запуска программы через систему МУЛЬТИТАЙП, и поэтому исчезает необходимость в запуске задачи с перфокарт на ЭВМ БЭСМ-6. Таким образом, созданы все условия для дистанционного режима работы.

При решении краевой задачи методом сеток пользователь работает с УДС как с "чёрным ящиком"^{/10/}. Такой режим позволяет рассматривать дисплейную станцию как дополнительное внешнее устройство ЭВМ БЭСМ-6, обладающее некоторым достаточно широким набором функциональных возможностей. Задача полностью программировалась на БЭСМ-6 на языке ФОРТРАН; при этом не требовалось изучения деталей математического обеспечения ЭВМ М-6000, что существенно упростило программирование основной задачи.

2.3. Общее программное обеспечение.

ЭВМ БЭСМ-6 работает под управлением мониторной системы "Дубна"^{/11/}, обеспечивая в мультипрограммном режиме пакетную обработку программ. Графическое представление информации на экране дисплея и взаимодействие с УДС происходит посредством обращений на стороне БЭСМ-6 к соответствующим подпрограммам дисплейной библиотеки^{/12/}, обеспечивающим формирование графических изображений, обмен информацией между ЭВМ, проверку достоверности этой информации на предмет ошибок, формирование запросов и специальных приказов для УДС и т.п. В программном обеспечении УДС на БЭСМ-6 предусмотрен также унифицированный механизм обработки сообщений, поступающих из УДС, что обеспечивает гибкие и естественные в использовании программные средства для организации диалога^{/13/}.

При работе с унифицированным механизмом обработки сообщений, который фактически осуществляет логическую связь между операционной системой ЭВМ и подпрограммами пользователя, последние оформляются в виде пакета подпрограмм общей библиотеки пользователя^{/14/}, находящейся на диске (см. приложение I) и состоят из головной части пакета, вызываемой по системному сообщению /А, <имя подпрограммы>, и исполнительных подпрограмм пользователя, вызов которых осуществляется по сообщениям пользователя через механизм обработки сообщений.

Процесс подготовки и хранения исходных данных включает в себя следующие две возможности, выбираемые пользователем по собственному усмотрению, и состоит в следующем: 1) подготовка и хранение исходных данных на перфокартах^{/6/}; 2) запись на диск (см. приложение I.1) подготовленных на перфокартах исходных данных через аппарат EDIT^{/15/}.

Организация диалоговой работы во многих случаях предполагает выполнение некоторых стандартных действий, осуществляющих общее управление прохождением задачи на ЭВМ (запуск и прекращение счёта, повторный запуск, возврат на начало программы и т.п.), которые выполняются при помощи системных сообщений.

К основным системным сообщениям, предназначенным для выполнения стандартных действий, в рамках работы унифицированного механизма относятся:

- /A, < имя подпрограммы > - запуск подпрограммы с заданным именем;
- /S - возврат на нулевой системный уровень;
- /M - высвечивание на экране меню системных сообщений, в начале работы меню высвечивается автоматически (Рис.1);
- /P - задание контрольной распечатки при обмене информацией между БЭСМ-6 и УДС;
- /NP - отмена контрольной распечатки, заданной по /P ;
- /Q - задание контрольной распечатки при работе механизма обработки сообщений;
- /NQ - отмена контрольной распечатки, заданной по /Q ;
- /F - прекращение задачи пользователя (выход на системный уровень).

2.4 Последовательность работы с программой.

Переход к пакету подпрограмм, предназначенных для решения данной задачи, происходит при помощи системного сообщения /A, BSINIT, в результате чего производится загрузка и выполнение головной подпрограммы пакета BSINIT, в которой определяется начальная структура диалога.

Соответствия между сообщениями пользователя и требуемыми исполнительными подпрограммами с соответствующими описателями этих подпрограмм задаются через специально отведённый в подпрограмме BSINIT массив, объявляемый после окончания формирования, в качестве текущей таблицы связи подпрограмм (ТСП).

Следует отметить, что в связи с большим объёмом памяти, требуемой для данной задачи, возникла необходимость в использовании системной программы LOADGO, входящей в состав диспетчера и загружающей программы с диска (как уже упоминалось, весь комплекс подпрограмм, необходимых для решения задачи, находится на диске) только по мере обращения к ним и на одно и то же место памяти, это привело в свою очередь к некоторому снижению быстродействия решения данной задачи, позволив однако устранить главную трудность, связанную с нехваткой памяти.

Путём обращения к упомянутой подпрограмме LOADGO производится загрузка и выполнение подпрограммы READAT, осуществляющей чтение исходных данных (с диска или с перфокарт), определяющих граничные кривые. Таким же образом (т.е. через подпрограмму (LOADGO) производится загрузка и выполнение подпрограммы PLANE, обеспечивающей формирование и выдачу на экран изображения расчётной области, которая задана граничными условиями (Рис.2).

После этого, согласно правилам работы с унифицированным механизмом обработки сообщений, следует обращение к диалоговому монитору (системная подпрограмма BSWAIT), который обеспечивает цикл ожидания сообщения от пользователя, при этом на экране высвечивается приглашение на ввод очередного сообщения:

WAIT FOR NEXT ORDER

В результате задания текущего состояния диалога в подпрограмме BSINIT, пользователю предоставляется возможность выбора любого из допустимых в данный момент сообщений, а также из перечисленных выше системных сообщений. Кратко остановимся на

функциональном назначении каждого сообщения из заданного набора (см. п. 2.5).

Переход к расчёту исходной области осуществляется при помощи приказа G. По этому приказу происходит загрузка (через подпрограмму LOADGO) и выполнение подпрограммы GO, которая обращается непосредственно к подпрограмме DSELPT, производящей расчёт исходной области. Счётная часть подпрограммы DSELPT является адаптированной программой ELLIPT и модифицированной таким образом, что:

1) не допускается аварийное прекращение задачи в случае ошибок в задании исходных данных; при обнаружении ошибок на экран и на печать выдаётся соответствующая диагностика (см. Приложение

2) и обеспечивается возврат в подпрограмму ожидания и приёма очередного сообщения от пользователя (подпрограмма BSWAIT).

2) результаты расчёта не выдаются сразу на печать и следует возврат в подпрограмму BSWAIT, с тем, чтобы путём ввода последующих сообщений пользователь мог перейти, например, к анализу результатов счёта

После нормального завершения счёта, который занимает несколько минут, на экран выдаётся изображение области с узловыми точками (Рис.3).

Одним из основных требований, предъявляемых к решению данной задачи является синтез граничных условий, предусматривающий следующие операции просмотра и редактирования исходных данных. Для того, чтобы отредактировать таблицу граничных кривых достаточно воспользоваться приказом TIT, в результате чего на экран дисплея выдаётся таблица исходных данных, содержащая:

- 1) шаг сетки по оси $X(\Delta X)$;
- 2) шаг сетки по оси $Y(\Delta Y)$;
- 3) кодовое базовое число (KODEAS), определяющее тип решаемого дифференциального уравнения;
- 4) перечень граничных кривых с указанием числа точек в каждой из них.

Предоставляется возможность локального редактирования^{/16/} перечисленных выше параметров таблицы исходных данных. Пользователю при этом необходимо ввести сообщение, представляющее собой требуемый идентификатор с новым значением. Таким образом могут быть отредактированы последовательно или в произвольном порядке все параметры таблицы исходных данных. Признаком окончания локального редактирования служит сообщение

При помощи сообщения DT,N, где N – номер граничной кривой, на экране дисплея высвечивается таблица (Рис.4) параметров для всех точек выбранной кривой, а первоначально заданное состояние диалога меняется в сторону расширения набора допустимых сообщений пользователя, позволяющих производить некоторые операции редактирования над данной таблицей. Каждой точке кривой на экране соответствует строка данных, состоящая из порядкового номера точки, её координат, значения функции в данной точке границы и кодового числа, характеризующего тип границы.

Пользуясь приказом C,NL можно заменять отдельную строку в таблице, вводить новые точки (приказ I, NL), удалять имеющиеся (приказ D, NL) или, говоря другими словами, можно изменять как конфигурацию области и граничные условия, так и тип решаемого уравнения.

Для восстановления на экране изображения контура области или изображения области с узловыми точками, если область уже просчитана, пользователь выбирает приказ PL, в результате чего происходит переход на подпрограмму PLANE, назначение которой, кроме функции по формированию и выдаче на экран упомянутых изображений, состоит также и в изменении структуры диалога путём добавления в таблицу связей с подпрограммами нового набора допустимых сообщений, предоставляющих пользователю дополнительные возможности для анализа результатов расчёта.

Так, при помощи сообщения L, NCR, NPT (где NCR – номер граничной кривой, а NPT – номер точки на ней) можно посмотреть значение параметров в указанной точке на выбранной граничной кривой (Рис.5), а при выборе сообщения V,KX,KY (где KX,KY – параметры, указывающие положение выбранной узловой точки области) на экране высвечивается значение функции в узловой точке рассчитанной области (Рис.6).

Можно запросить построение графика функции в требуемом сечении соответственно по оси X или Y, воспользовавшись приказами XC или YC с указанием номера сечения (например: YC, 25) (Рис.7). Однако, в результате выбора приказов XC или YC кроме высвечивания графика, пользователю предоставляются дополнительные возможности для анализа этого графика или, другими словами, в момент выполнения данных приказов, происходит доопределение текущего состояния диалога, т.е. набор допустимых сообщений

пользователя дополняется новыми сообщениями, позволяющими: выдать на печать график сечения и таблицу значений функции во всех узлах данного сечения (приказ P), выдать на экран график производной I-ого (Рис.8), 2-ого и т.д. порядка (приказ DR,N где N - порядок производной), причём графики (как сечения, так и производной) могут быть представлены либо в виде отдельных точек, соответствующих узлам, либо в виде непрерывной линии - (приказ C).

Приказ VG,N (N - номер точки графика сечения или производной) позволяет определять и выдавать на экране значения функции или её производных в различных точках сечения (Рис.9,10). При построении графиков производных масштаб по вертикальной оси устанавливается автоматически с целью максимального использования полезного пространства экрана. В случае необходимости автоматического масштабирования графика сечения достаточно воспользоваться приказом U.

Имеется возможность автоматического выбора диапазона представления граничных кривых (приказ A) и автоматического выбора диапазона изменения функции (приказ B). Пользователю предоставляется также возможность масштабирования отдельных величин. При помощи приказа M осуществляется переход к представлению на экране и редактированию (в локальном режиме) таблицы данных, задающих размеры экрана, диапазон изменения граничной области, диапазон изменения функции по всей области и, отдельно в рассматриваемом сечении. По окончании редактирования данной таблицы, выход из режима локального редактирования осуществляется по приказу E.

В процессе анализа полученного решения пользователю необходима информация о распределении в расчитанной области линий с равным значением функции на каждой из них. Согласно этому требованию пользователю предоставляется возможность анализа эквипотенциальных линий, переход к которому осуществляется при помощи приказа EQ. В результате ввода этого приказа на экране дисплея высвечивается таблица параметров (первоначальное значение которых равно 0), задающих число линий и значение функции, выбираемое из диапазона полученного решения, на каждой линии. Максимальное число, одновременно выдаваемых на экран линий равно 8. Заполнение данной таблицы числовыми значениями производится в режиме локального редактирования (Рис.11). Для удобства редактирования этой таблицы, в случае необходимости возврата к нулевому значе-

нию функции для соответствующей эквипотенциали, кроме возможности, предоставляемой режимом локального редактирования предусмотрен приказ QD,N позволяющий установить нулевое значение функции для N -ой эквипотенциали. Когда таблица готова, пользователь, введя приказ QL, получает на экране вид граничной области и в ней изображение эквипотенциальных линий для заданных значений функции (Рис.12). Для изображения эквипотенциальных линий используется достаточно большой объём информации, выдаваемой на экран, что в свою очередь приводит к значительному ухудшению качества изображения вследствие падения частоты регенерации. По этой причине эквипотенциальные линии изображаются на экране без соответствующей таблицы потенциалов, что представляет некоторое неудобство проведения анализа этих линий.

В случае необходимости возврата к изображению исходной таблицы с целью её просмотра или редактирования следует воспользоваться приказом QT, в результате чего на экране появится изображение таблицы, при этом пользователю предоставляется возможность локального редактирования этой таблицы с выходом из режима локального редактирования по приказу .E.

Для того, чтобы полученное на экране изображение эквипотенциалей выдать на печать, необходимо ввести приказ QR,N (где N - номер эквипотенциали, подлежащей выдаче на печать, если N=0, на печать выдаётся изображение всех линий, заданных в таблице). По этому приказу, наряду с изображением требуемой эквипотенциали, на печать выдаётся также таблица значений функции для всех точек графика.

Если проведённый анализ показал неудовлетворительные результаты, т.е. рассчитанное внутри заданной граничной области поле не отвечает требуемым критериям и необходим новый расчёт с другими исходными данными, при условии, что пользователь предварительно позаботился о подготовке их на диске или перфокартах, следует воспользоваться приказом R, в результате выполнения которого будет осуществлён ввод с соответствующего носителя новых исходных данных с одновременной выдачей на экран дисплея изображения новой расчётной области (Рис.13).

После этого пользователь может строить свой диалог с ЭВМ, используя весь описанный выше аппарат синтеза исходных данных и анализа полученного решения.

Повторный запуск задачи производится путём ввода следующей последовательности команд:

/S
/A,BSINIT

В результате этих действий будет произведён запуск головной программы пакета BSINIT со всеми последующими действиями рассмотренными выше.

Когда полученные результаты отвечают поставленным требованиям, следует нормальное завершение задачи.

Необходимо отметить, что на протяжении всей работы пользователя с УДС, в случае возникновения различных ошибок (например, введено неверное сообщение), или появления аварийной ситуации (например, при выполнении какого-либо приказа произошло обращение к несуществующей подпрограмме) на экран дисплея и одновременно на печать выдаётся диагностическое сообщение, информирующее пользователя о допущенной ошибке, причём задача остаётся в режиме ожидания приёма сообщения от пользователя.

Нормальное окончание программы происходит при помощи системного приказа /F. Причём, если пользователь в начале работы с программой позаботился о задании контрольной распечатки, воспользовавшись для этого рассмотренным выше системным приказом /P, то по окончании работы пользователя с УДС, на печать выдаётся подробный протокол, позволяющий позднее, если необходимо, восстановить последовательность всех действий и результаты анализа на каждом этапе.

2.5. Сообщения пользователя.

Ниже даются сведения о допустимых сообщениях пользователя, предназначенных для организации диалога в соответствии с конкретными требованиями анализа и синтеза решений уравнений Лапласа или Пуассона с граничными условиями I и II рода.

2.5.1. Синтез граничных условий.

ТИТ

- представление на экране и локальное редактирование таблицы граничных кривых; пример редактирования переменной DX:

- DX** - - в результате ввода этого сообщения на экране в стандартном месте появится идентификатор **DX** =
- O.OO5** - после ввода нового значения в таблице высвечивается отредактированная переменная;
- E** - выход из режима локального редактирования.

- DT, N** - редактирование **N**-ой граничной кривой; пример: **DT, 2** - на экране высвечивается таблица параметров **2**-ой граничной кривой;
- D, N** - удаление **N**-ой точки из граничной кривой; пример: **D, 7** - из таблицы параметров для заданной граничной кривой удаляется **7**-ая точка;
- I, N, X, Y, U, KB** - добавление **N**-ой точки в граничную кривую; пример: **I, 6, 0.1, 0.2, 1., 100** - в таблицу заданной граничной кривой добавлена точка с параметрами: **x=0.1, y=0.2, u=1., KB=100**;
- C, N, X, Y, U, KB** - замена **N**-ой точки в граничной кривой; пример: **C, 3, 0.1, 0.3, 2., 0** - в таблице заданной граничной кривой **3**-я точка заменяется на точку с параметрами: **x=0.1, y=0.3, u=2, KB=0**.

2.5.2. Визуальный анализ граничных кривых.

- PL** - формирование на экране изображения граничных кривых, а также узлов сетки, если был счёт (см. **G**);
- L, N, 1** - высвечивание на экране значения функции в **I**-ом узле, лежащем на **N**-ой граничной кривой; например:

2.5.3. Счёт.

- G** - после нормального окончания счёта на экране появляется изображение граничных кривых с узлами сетки, в которых найдено решение задачи.

2.5.4. Анализ полученного решения.

- | | |
|---------|---|
| L,N,I | - то же самое, что и при PL; |
| V,NX,NY | - высвечивание значения функции в узловой точке сетки; например: V,5,2 - высветится значение функции в узловой точке, лежащей на пересечении 5-ой строки и 2-ого столбца; |
| XC,K | - изображение графика сечения параллельного оси X; пример: XC,3 - на экране появится график функции $f(x)$ соответствующий 3-й строке сетки; |
| YC,K | - изображение графика сечения, параллельного оси Y; пример: YC,5 - на экране появится график функции $f(y)$ соответствующий 5-ому столбцу сетки; |

2.5.5. Анализ графика функции в выбранном сечении.

- | | |
|------|--|
| DR,N | - изображение графика N-ой производной; пример: DR,2 - на экране появится изображение графика производной от функции, которая рассматривалась на предыдущем шаге; |
| VG,K | - высвечивание на экране значения функции или её производных в различных точках сечения; пример: VG,7 - на экране появится значение 7-ой точки графика; |
| P | - выдача на печать графика функции или её производных вместе с таблицей значений для всех точек графика; |
| C | - соединение соседних точек рассматриваемого графика отрезками прямых линий, если график был представлен в виде отдельных точек; |
| U | - масштабирование графика функции в заданном сечении; примечание: если рассматривается график производной, то масштабирование проводить нецелесообразно, т.к. установка мас- |

штаба в этом случае осуществляется программно.

2.5.6. Анализ эквипотенциальных линий.

- EQ - представление на экране и локальное редактирование таблицы значений потенциалов и числа эквипотенциальных линий;
- QD,N - установка в 0 значения потенциала, соответствующего N-ой эквипотенциальной линии в таблице потенциалов; пример: QD,3 - выдача на экран нулевого значения потенциала соответствующего 3-ей эквипотенциальной линии;
- QL - выдача на экран изображения граничной области и эквипотенциальных линий для заданных значений потенциалов;
- QP,N - выдача на печать изображения N-ой эквипотенциали; пример: QP,5 - выдача на печать графика 5-ой эквипотенциали; при N=0, т.е. QP,0 - на печать выдаются графики всех эквипотенциалей.

2.5.7. Масштабирование.

- A - масштабирование изображения граничной области;
- B - масштабирование изображения функции;
- M - представление на экране и локальное редактирование таблицы параметров, определяющих размеры экрана, диапазон изменения граничной области, диапазон изменения функции по всей области и, отдельно в рассматриваемом сечении.

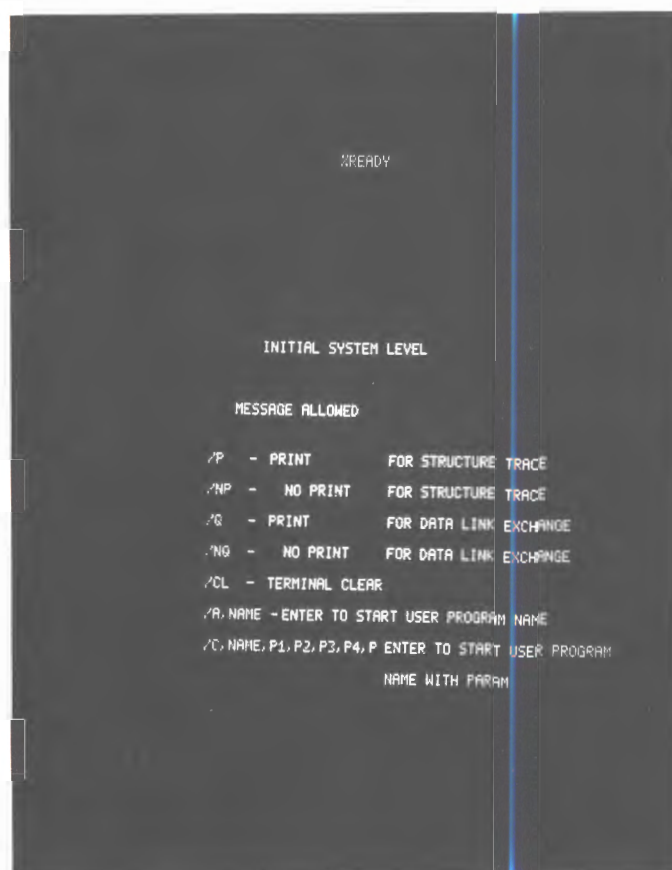


Рис. 1

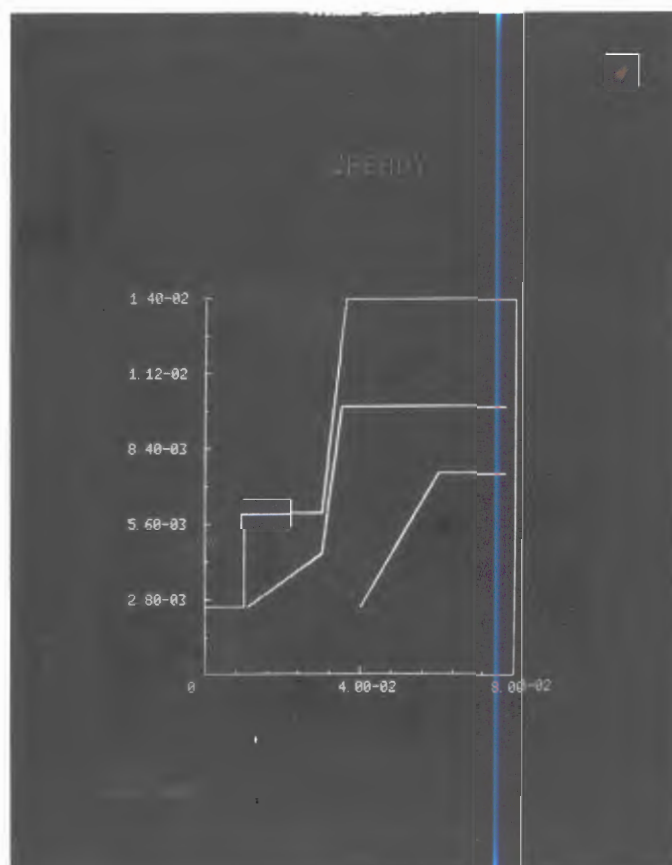


Рис. 2

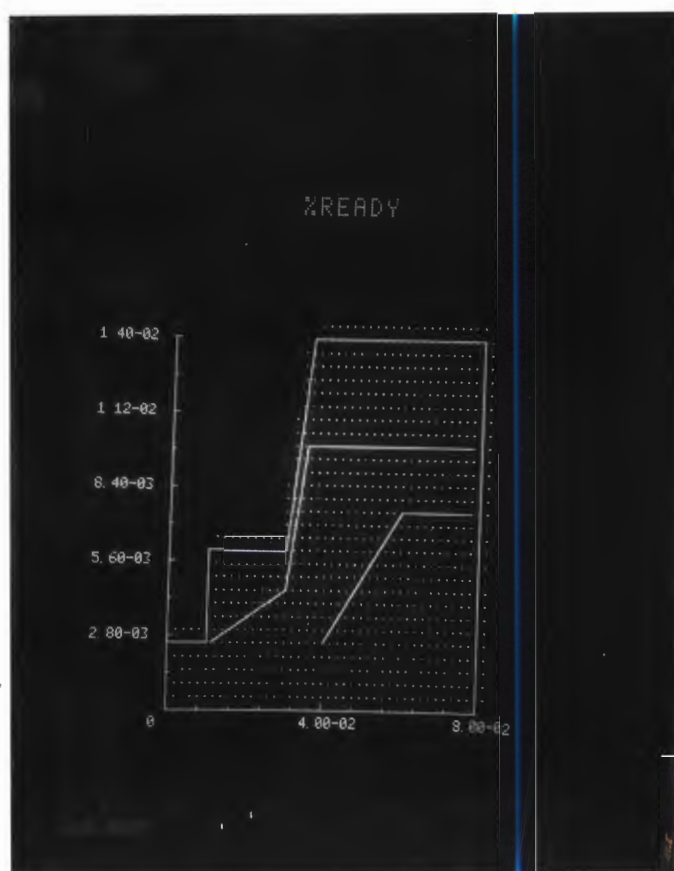


РИС. 3

%READY

1	0.313	0.000	300000.0	104
2	0.313	0.002	0.0	0
3	0.100	0.300	2.0	0
4	0.100	0.200	1.0	100
5	0.000	0.030	0.0	0
6	1.250	0.030	0.0	0

03/11/80 020040

РИС. 4

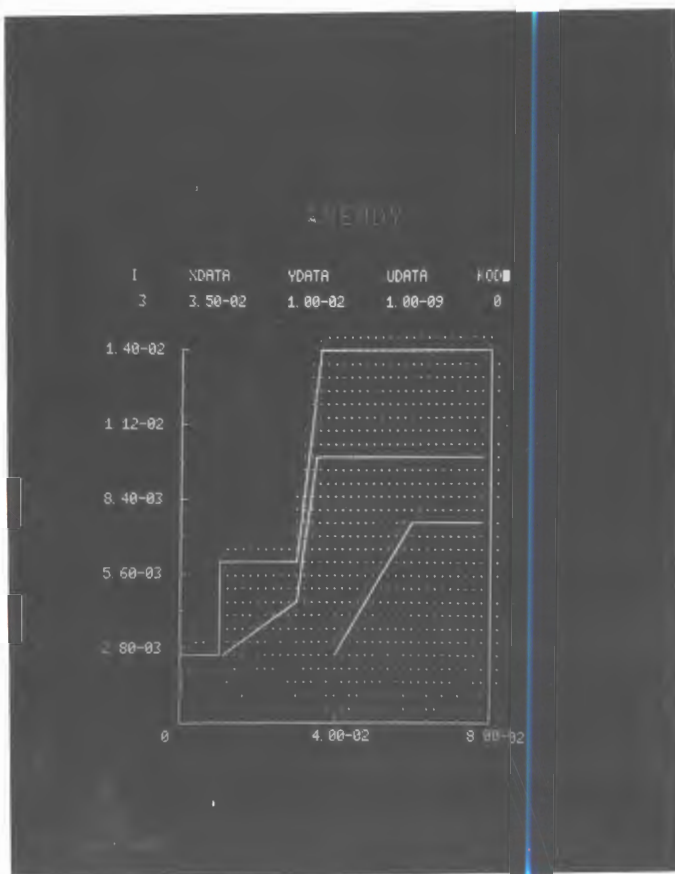


Рис. 5

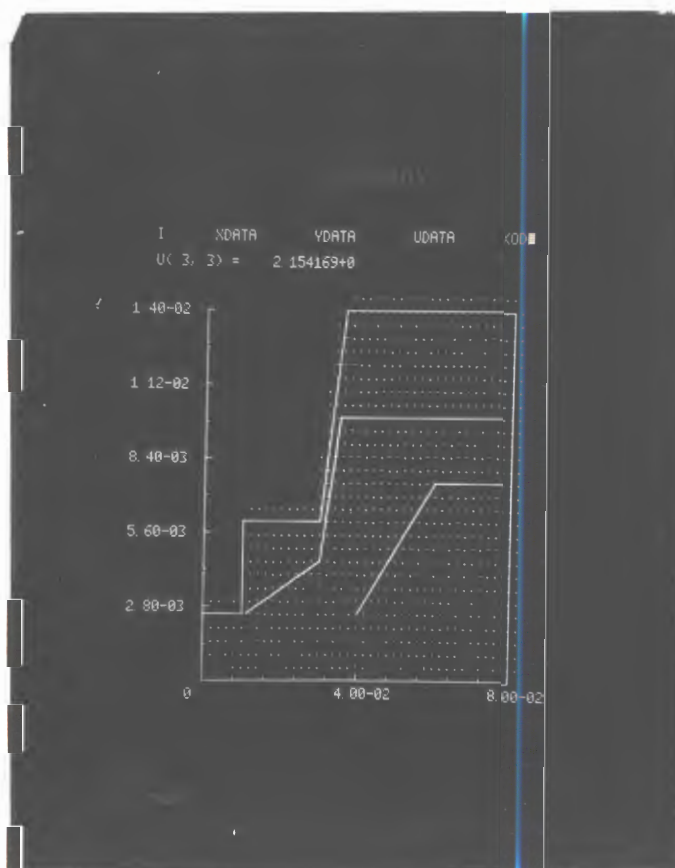


Рис. 6

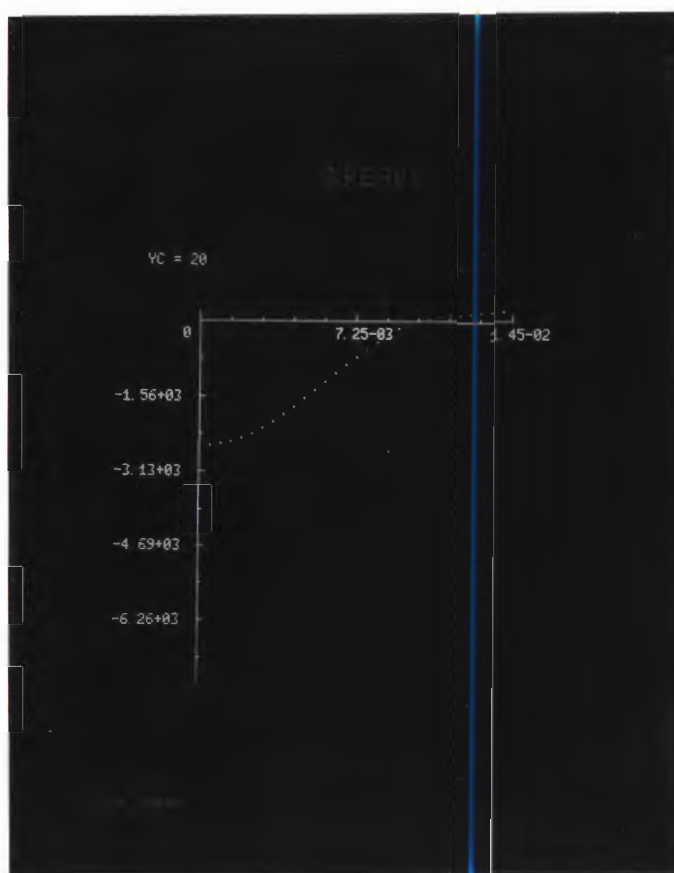


РИС. 7

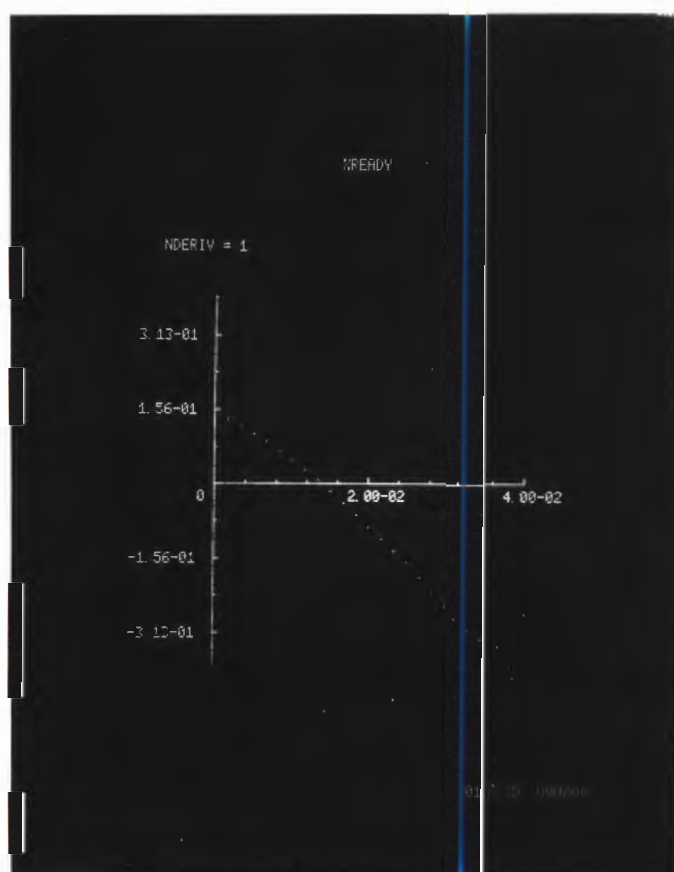


РИС. 8

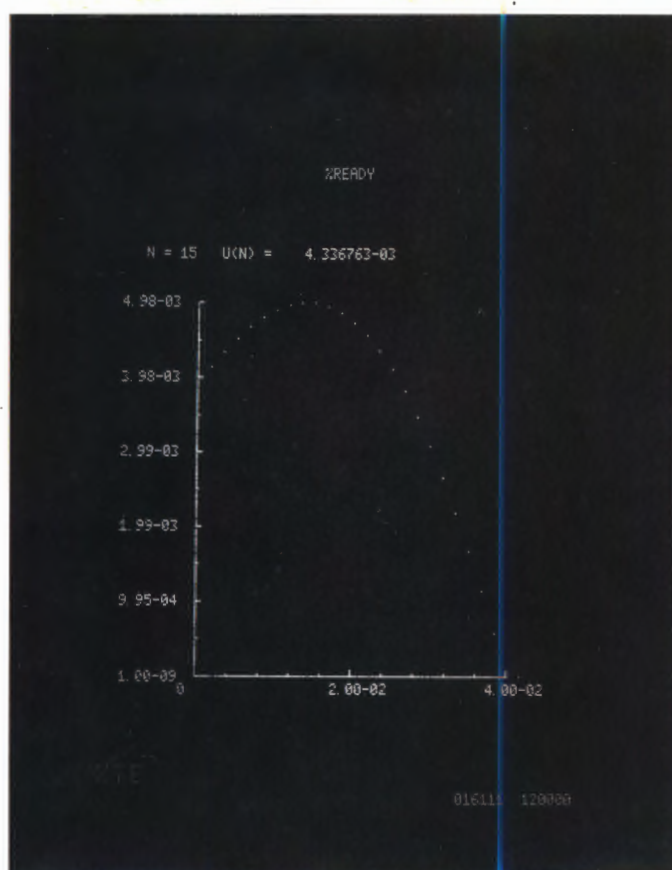
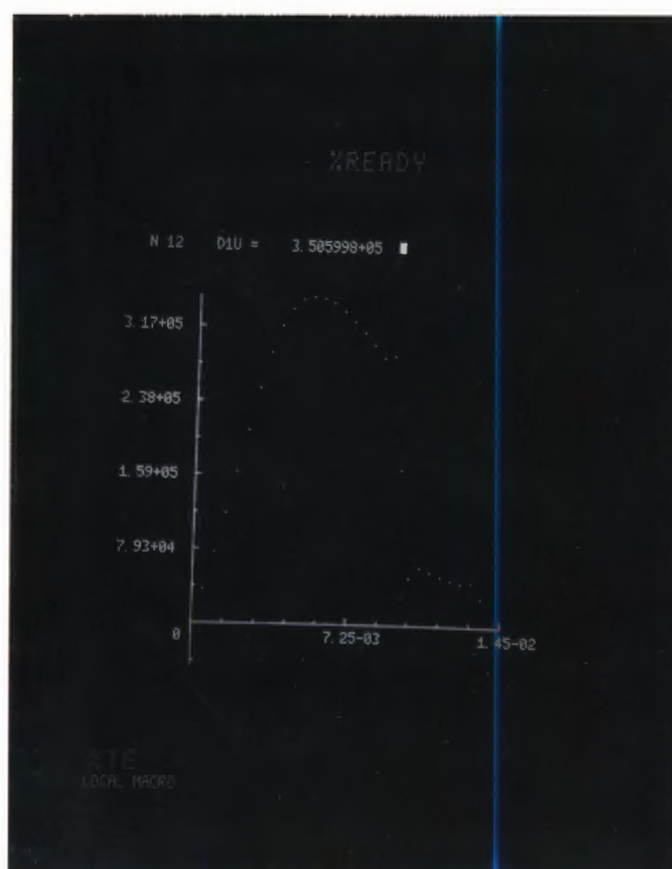
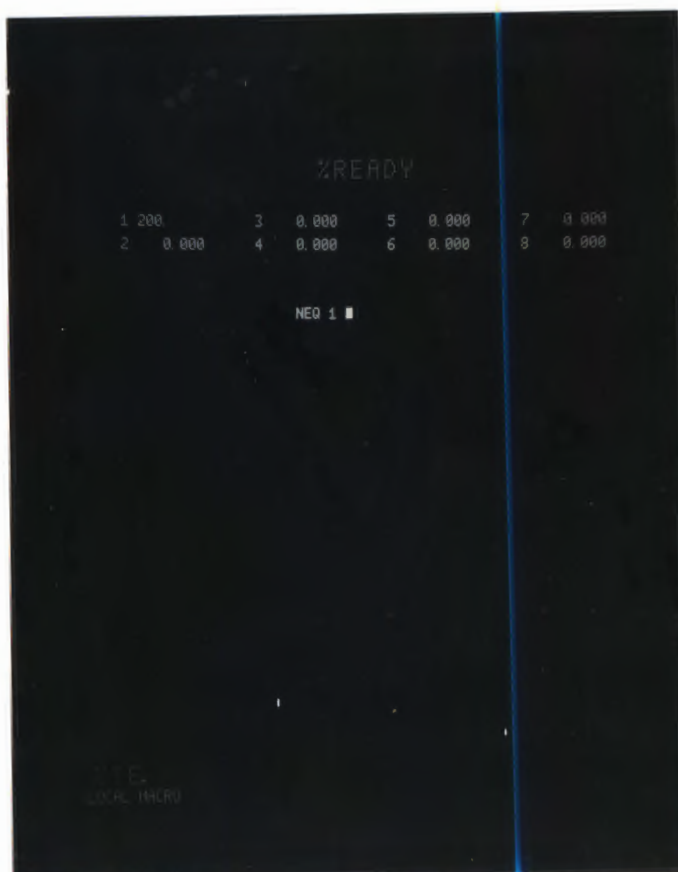
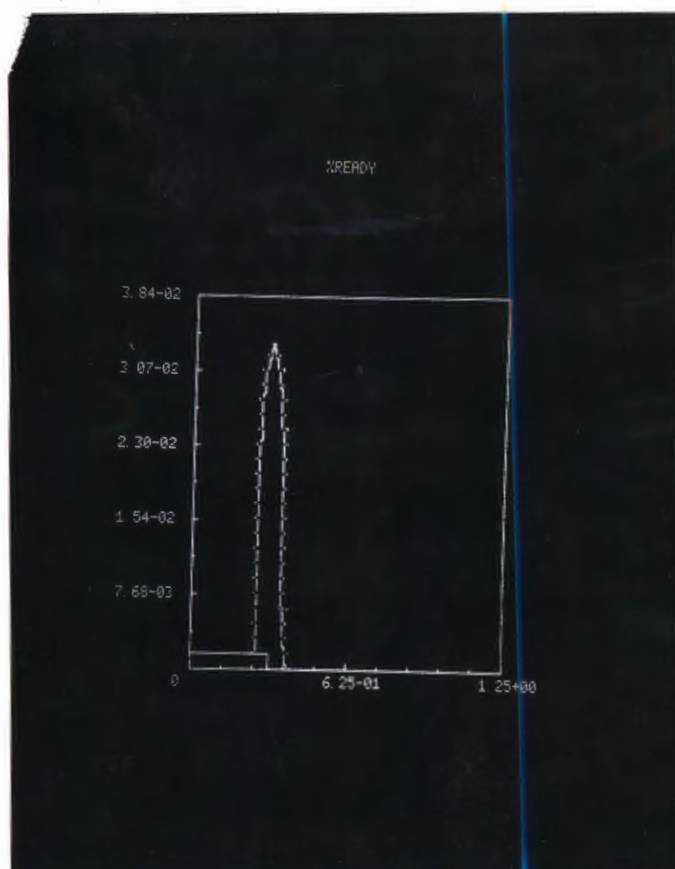


Рис.9





РМС.11



РМС.12

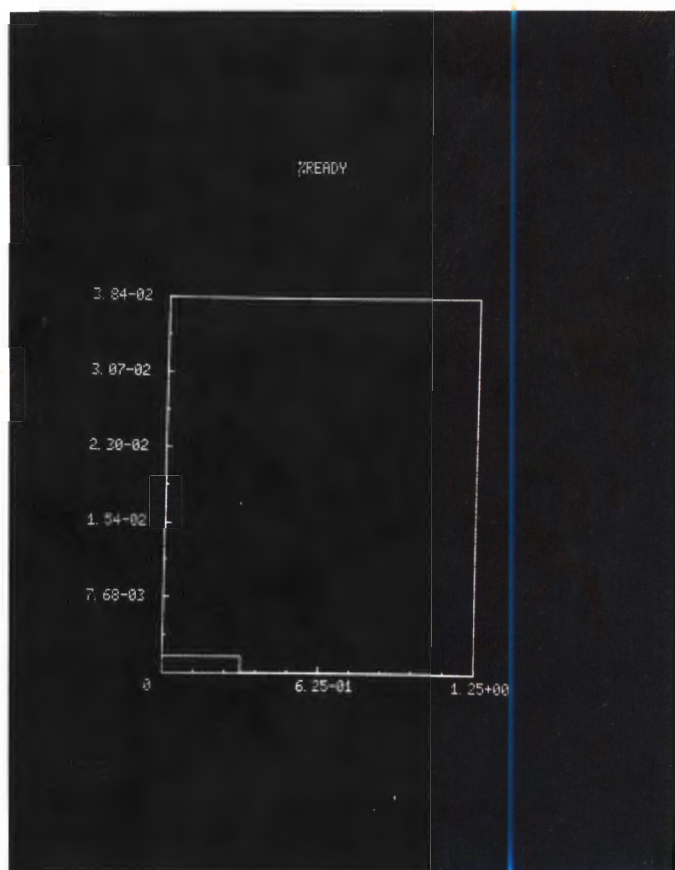


РИС. 13

Приложение I

ИНСТРУКЦИЯ

для работы пользователя с программой ELLIPT на дисплее
ВИДЕОТОН в системе МУЛЬТИТАЙП.

Для начала работы необходимо произвести следующие действия:

- на БЭСМ-6 - поставить диск №23 (на диске №23 записана общая библиотека - файл ELLIPT;
- и данные - файл DATA);
- поставить МД №545 (ЧТ), открыть на пульте БЭСМ-6 15-ый разряд;
- включить стойку связи.
- на М-6000 - включить стойку связи;
- ВИДЕОТОН включить в сеть, нажать кнопку ON LINE.

После указанных действий можно приступить к работе на дисплее ВИДЕОТОН в системе МУЛЬТИТАЙП.

1. Работа со старыми версиями подпрограмм и данных.

1. На клавиатуре ВИДЕОТОН нажать LINE FEED (LF)

2. Для начала сеанса нажать клавишу "пробел" или (LF). В ответ на экране появится

НАЧАЛО:

КЛЮЧ:

3. набрать ключ - специальный код из шести символов, затем нажать клавишу (LF). В данном случае необходимо набрать 65575. Если тратится более 5 секунд на набор очередного символа ключа, то система выбрасывает задачу и выдаёт на экран сообщение:

КОНЕЦ.

В этом случае следует начать сеанс с пункта 2. Если ключ набран правильно, то на экране появляется:

БУФЕР.

4. Нажать клавишу "пробел", а затем набрать 545/ТОМА. В результате на экране будет

БУФЕР: 545/ТОМА

Нажать клавишу (LF)

5. Запустить задачу на счёт приказом ПУС, для этого на клавиатуре дисплея необходимо набрать

ПУС I

В ответ появится сообщение

СЧЁТ, если задача пошла на счёт.

ОЧЕРЕДЬ N, если задача поставлена на очередь N-ой по порядку;

МНОГО ЗАДАЧ, если заказ не принят.

6. Набрать на клавиатуре ВИДЕОТОНА приказ ХДУ, т.к. если на ВИДЕОТОНе не ведётся работа более 2-х минут, то сеанс прекращается автоматически.

7. После запуска задачи на счёт можно набрать приказ

КАК

В ответ система сообщает:

СЧЁТ, если задача считается t минут.

ОЧЕРЕДЬ, если задача ещё в очереди.

НЕТ ЗАДАЧ, если счёт уже закончен.

8. Снять задачу можно приказом

ОТКАЗ

9. Если в дальнейшем ещё потребуются набранная в данном сеансе информация, то сеанс можно закончить приказом

СТОП.

Примечание: стереть всю информацию с экрана можно при помощи клавиши ERASE при нажатой клавише ON LINE

II. Работа с новыми данными и с прежней версией библиотеки.

Для того, чтобы работать на дисплее ВИДЕОТОН в системе МУЛЬТИТАЙП, как было описано выше, необходимо при помощи редактора заново сформировать файл DATA для новых данных. Для формирования файла DATA требуются следующие управляющие карты:

*NAME USER.

*PASS

*TIME:01.00

*DISC:23/TAMAPA,TOMAS

*FILE:DATA,30000,W

*EDIT

*READ OUT

*W

*(((

```
*)))
*L:END FILE
*EE
*R
*W:30000
*LL
*END FILE
*EE
*END FILE
```

Сформированную таким образом колоду необходимо пропустить на БЭСМ-6. После этого можно работать на дисплее ВИДЕОТОН как описано в п. I.

III. Работа с новыми подпрограммами (новой версией библиотеки) и новыми данными.

Для того, чтобы работать с программой ELLIPT на дисплее ВИДЕОТОН в системе мультитайп при наличии новых подпрограмм и новых данных требуется произвести следующие подготовительные действия:

I. Дозаписать новые подпрограммы в общую библиотеку (файл ELLIPT), предназначенную для работы с программой ELLIPT , для чего необходимо:

I) пропустить на БЭСМ-6 колоду, сформированную следующим образом:

```
*NAME USER
*PASS
*TIME:01.00
*DISC:23/TAMARA,TOMAS
*FILE:ELLIPT,65,R
*FILE:MERSI,66,W
*LIBRART:1
*LIBRARY:2
*ASSEMBLER
```



```
LIBLIST: ,NAME,  
          ,END,  
новые подпрограммы (стандартный массив)  
*CALL INSALL  
DRUM  
*END FILE
```

2) так как для надёжности, при записи подпрограмм в общую библиотеку, новая библиотека формируется на промежуточном файле (MERSI), необходимо скопировать этот файл (MERSI) на прежний файл (ELLIPT), т.е. пропустить на БЭСМ-6 колоду, оформленную следующим образом:

```
*NAME USER.  
*PASS  
*TIME:01.00  
*DISC:23/TAMAPA,TOMAC  
*FILE:MERSI,31,R  
*FILE:ELLIPT,30,W  
*COPY:100,31000,30000  
*CALL PLCATALOG:30  
*END FILE
```

2. Записать новые данные в файл DATA (см. п. II).

После указанных в п. III действий можно приступить к работе с программой ELLIPT, как описано в II. I.

Имя подпрограммы	Диагностические сообщения выдаваемые на экран дисплея	Примечание
DSELPT	ERR DSELPT LOCATION FOR N= UNKNOWN	Для точки с номером N не определено её местоположение по отношению к границе.
ORT	ERR ORT CURVE IS ABSENT	Отсутствует граничная кривая с данным номером.
MAKTAB	ERR MAKTAB N= SHOULD BE ON NEUM. BOUND	Точка с номером N должна находиться на границе Неймана.
MAKTAB	ERR MAKTAB N= LINE ON TWO BOUNDARYS	Линия узлов сетки с номером N принадлежит двум границам.
MAKTAB	ERR MAKTAB N= POINT CLOSE TWO BOUND	Точка с номером N принадлежит двум границам.
CHECK	ERR CHECK N= IS NEAR BOUND M=	Точка с номером N вблизи граничной кривой с номером M не определена.
LPLANE	-ERR BOUND CURVE NSCC=	Ошибочное задание номера граничной кривой.
LPLANE	-ERR POINT NUM MAX NUM FOR GIVEN CURVE=	Ошибочное задание номера точки. Максимальное число точек для данной кривой =
VPLANE	-ERROR NUM X MAX NUM	Ошибочное задание числа приращений по X. Максимальное число приращений.

VPLANE	-ERROR NUM X MAX NUM	Ошибочное задание числа приращений по x . Максимальное число приращений.
XCSECT	-ERROR NUM Y MAX NUM	Ошибочный номер сечения по x . Максимальное число сечений.
YCSECT	-ERR NUM FOR XSECT MAX NUM	Ошибочный номер сечения по y . Максимальное число сечений.
VGRAPH	ERR OPOINT NUM MAX NUM	Ошибочный номер точки. Максимальное число точек на графике.
DEGRAF	ERR NUM FOR DERIV MAX NUM	Ошибочный номер производной. Максимальный номер производной.
DLINE	ОШИБКА В НОМЕРЕ КРИВОЙ ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН	Ошибочное задание номера граничной кривой при необходимости выдачи на экран соответствующей таблицы.
DELINE	ОШИБКА В НОМЕРЕ ТОЧКИ ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН	Ошибочное задание номера граничной точки при её уничтожении в таблице соответствующей граничной кривой.
INLINE	ОШИБКА В НОМЕРЕ ТОЧКИ ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН	Ошибочное задание номера граничной точки в добавлении её в таблицу соответствующей граничной кривой.
INLINE	ПРЕВЫШЕНО ДОПУСТИМОЕ ОБЩЕЕ ЧИСЛО ГРАНИЧНЫХ ТОЧЕК	Номер добавляемой в соответствующую таблицу граничной точки превышает максимальное число граничных точек.
CHLINE	ОШИБКА В НОМЕРЕ ТОЧКИ ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН	Ошибочное задание номера граничной точки при замещении её в таблице соответствующей граничной кривой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлов А.А. Графические дисплеи в экспериментальной физике. В кн.: Лекции Международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. ОИЯИ, ДЮ, II-8450. Дубна, 1974, с. 165.
2. Гусев А.В. и др. Использование дисплея со световым карандашом при решении краевых задач методом сеток (проблема потенциала). ОИЯИ II-5671, Дубна, 1971.
3. Карлов А.А. и др. Руководство для дисплея со световым карандашом на ЭВМ СДС-1604А. ОИЯИ, БИ-II-6439, Дубна, 1972.
4. Кавченко А.В. и др. Удалённая дисплейная станция для обработки данных в режиме диалога. ОИЯИ, РЮ-9325, Дубна, 1975.
5. Говорун Н.Н. и др. Вычислительный комплекс ОИЯИ и перспективы его развития. "Автоматика и вычислительная техника", Рига, 1974, с. 62.
6. Hornsby, CERN, 63-7, Geneva.
7. Резанов В.В., Саввов В.В., Маргулис Д.С.
Агрегатный ряд видеотерминальных установок для ЭВМ третьего поколения. "Механизация и автоматизация управления", 1971, 4, 50-53.
8. Дорух Х и др. Графический дисплей на запоминающей электронно-лучевой трубке. ОИЯИ 5-9230, Дубна, 1974.
9. Семашко Г.Л. Обработке пользователя на дисплее Видеотон в системе мультитайп. ОИЯИ 5-9230, Дубна, 1975.
10. Зайкин Н.С. и др. Математическое обеспечение удалённой дисплейной станции. ОИЯИ Ю-9326, Дубна, 1975.
11. Мазний Г.Л. Мониторная система "Дубна". ОИЯИ, II-5974, 1971.
12. Карлов А.А., Кирилов А.С., Полинцев А.Д., Смолякова Т.Ф. Библиотека подпрограмм на ЭВМ БЭСМ-6 для удалённой дисплейной станции (описание подпрограмм). ОИЯИ БИ-Ю-II999, Дубна, 1978.
13. Карлов А.А., Смолякова Т.Ф., Организация диалога с многоуровневой структурой в системе "человек-ЭВМ" на основе унифицированного механизма обработки сообщений. ОИЯИ РЮ-Ю0440, Дубна, 1977.

- I4. Заикин Н.С., Силин И.Н. Принципы организации общей библиотеки стандартных подпрограмм и работа с ней в системе "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6. ОИЯИ, II-6410, Дубна, 1973.
- I5. Волков А.И. Редактор текстов. Препринт ИАЭ - 2351, М., 1974.
- I6. Александров В.С., Карлов А.А., Поляницев А.Д.
Применение удалённой дисплейной станции для расчёта магнитной системы адгезатора. ОИЯИ, IO-II842, Дубна, 1978.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть I Введение.....	3
Часть II Методика использования.....	5
2.1 Математический аппарат.....	5
2.2 Техническое обеспечение.....	7
2.3 Общее программное обеспечение.....	8
2.4 Последовательность работы с программой.....	10
2.5 Сообщения пользователя.....	15
2.5.1 Синтез граничных условий.....	15
2.5.2 Визуальный анализ граничных кривых.....	16
2.5.3 Счёт.....	16
2.5.4 Анализ полученного решения.....	17
2.5.5 Анализ графика функции в выбранном сече- нии.....	17
2.5.6 Анализ эквипотенциальных линий.....	18
2.5.7 Масштабирование.....	19
Приложение I.....	19
Приложение 2.....	23
Литература.....	25