

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



P11 - 11971

26/11-79

A-424

Е.К.Аксенова, П.П.Гавриш, Е.Д.Городничев,
В.В.Кольга, Н.И.Полумордвинова, З.Трейбал

765 / 2-79

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ

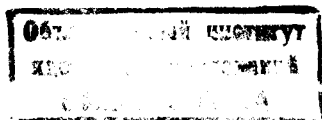
1978

P11 - 11971

Е.К.Аксенова, П.П.Гавриш, Е.Д.Городничев,
В.В.Кольга, Н.И.Полумордвинова, З.Трейбал

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ

*Направлено на Совещание по изохронным циклотронам,
Краков, ПНР, 1978 г.*



Система обработки результатов численных расчетов
на базе малой ЭВМ

Описана система обработки результатов численных расчетов, созданная в отделе новых ускорителей ЛЯП ОИЯИ на базе малой ЭВМ типа "Наири-2". Информация поступает через магнитофоны серии ЕС от ЭВМ БЭСМ-6 и CDC-6500. Для ЭВМ "Наири-2" разработан и изготовлен селекторный канал в виде функционально-модульной системы в стандарте "Вектор", с помощью которого осуществляется связь малой ЭВМ с магнитофоном ЕС-5017 и графическим дисплеем ОСК-1. Непосредственно к ЭВМ "Наири-2" подключен дискретный графопостроитель, разработанный на базе стола ДРП-3. Создано математическое обеспечение режимов работы магнитофона, дисплея и графопостроителя. Система находится в эксплуатации, обеспечивая оперативный просмотр результатов расчетов, выполненных на базовых ЭВМ, представление информации в графическом или табличном виде, а также проведение различных вспомогательных расчетов.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

The System of Processing Results of Numerical
Calculations Based on the Small Computer

The system of processing the results of numerical calculations being created on the basis of the small computer of the type "Nairi-2" in the new accelerator division of the Laboratory of Nuclear Problems, JINR, is described. The information enters through the typerecorder of the ES series from the computers BESM-6 and CDC-6500. For the computer "Nairi-2" the selecting channel, in the form of a functional-module system of the "Vector" standard, has been elaborated and made. Thus the link between the small computer and the typerecorder ES-5017 as well as between the small computer and the graphical display OSK-1 is realized. Directly with the computer "Nairi-2" a discrete plotter is coupled being elaborated on the basis of the table DRP-3. The operating regimes of the typerecorder, the display and the plotter are regulated by a complete mathematical program. The system provides for an operative analysis of computing results and presents information in graphical or tabular form, as well as the performance of auxiliary calculations.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Все возрастающий объем научно-технических расчетов, выполняемых на современных базовых ЭВМ, требует создания развитых периферийных устройств для автоматизации обработки результатов этих расчетов. Для многих вычислительных задач, требующих большого счетного времени на базовых ЭВМ, целесообразно полученную информацию переносить на малую ЭВМ, снабженную соответствующими периферийными устройствами для представления результатов в виде, удобном для последующего анализа /графики, номограммы и т.д./. Эта же малая ЭВМ позволяет проводить необходимую во многих случаях дополнительную обработку результатов, поступающих с базовой ЭВМ, а также выполнять различные вспомогательные расчеты. Известно, что проблема обмена информацией между ЭВМ решается в основном или с помощью установки взаимозаменяемых магнитофонов на разнотипных ЭВМ, или посредством устройства линий связи.

В отделе новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ на базе малой ЭВМ "Наири-2" создан вычислительный комплекс для обработки информации, поступающей через магнитофоны серии ЕС от ЭВМ БЭСМ-6 и CDC-6500. Семейство ЭВМ "Наири" довольно широко используется для решения вычислительных задач средней сложности, обеспечивая достаточную точность /длина слова 36 разрядов/, и имеет необходимый набор стандартных программ¹.

В настоящей статье приведено общее описание системы разработанных электронных блоков и математического обеспечения, необходимых для совместной работы "Наири-2", магнитофона, графического дисплея и графопостроителя.

Для связи с внешними устройствами ЭВМ "Наири-2" был разработан и создан селекторный канал ввода-вывода данных в виде функционально-модульной системы в стандарте "Вектор" 2. Система состоит из контроллера^{3/} и двух функциональных модулей: блока управления магнитофоном ЕС-5017 и блока управления графическим дисплеем ОСК-1, объединенных в одном корпусе⁴. Кроме этого, непосредственно к "Наири-2" был подключен дискретный графопостроитель, созданный на базе стола ДРП-3М^{5/}. Общая схема вычислительного комплекса приведена на рис. 1, где пунктиром показан серийный вариант ЭВМ "Наири-2".

Ввод-вывод информации от ЭВМ осуществляется через ее сумматор /См/, поскольку он выполняет функцию регистра числа ОЗУ и ДЗУ. Информация, выдаваемая из памяти "Наири-2" /ОЗУ, ДЗУ/, принимается на См и передается на контроллер каркаса в 36-разрядный регистр записи /Рг. Зп./. Информация из контроллера с 36-разрядного регистра чтения /Рг. Чт./ принимается на См и через него записывается в память ЭВМ /ОЗУ/. Прием информации от контроллера на См осуществляется через вентиль занесения с клавишного регистра пульта управления по импульсу 31р ДЗУ. Информационные сигналы потенциальные.

Кроме информационных сигналов, из ЭВМ в контроллер передаются следующие импульсные сигналы: 28р.ДЗУ"О" Тг.удв. /триггер удвоения/, 28р.ДЗУл "1" Тг.удв., 29р.ДЗУ, 31р.ДЗУ, которые осуществляют функциональную связь контроллера с ЭВМ.

Структурная схема управления накопителем на магнитной ленте /НМЛ/ приведена на рис. 2. Она состоит из устройств обмена, управления НМЛ, записи, воспроизведения.

Устройство обмена включает в себя 24-разрядный регистр обмена /Рг.обм./, на который записывается информация с магистрали каркаса /режим записи на НМЛ/, или со схемы воспроизведения /режим чтения с НМЛ/; схему управления обменом, на которой происходит расшифровка команды /номер блока /Б/, функция /Ф/ и т.д./; формирователи сигналов чтения /Чт1 ÷ Чт24/;

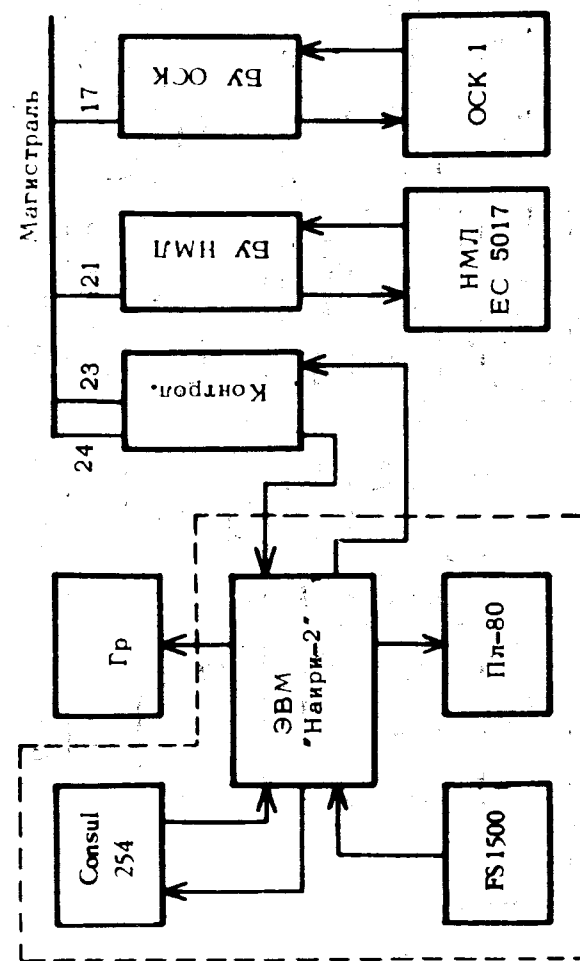


Рис.1. Блок-схема вычислительного комплекса на базе ЭВМ "Наири-2".

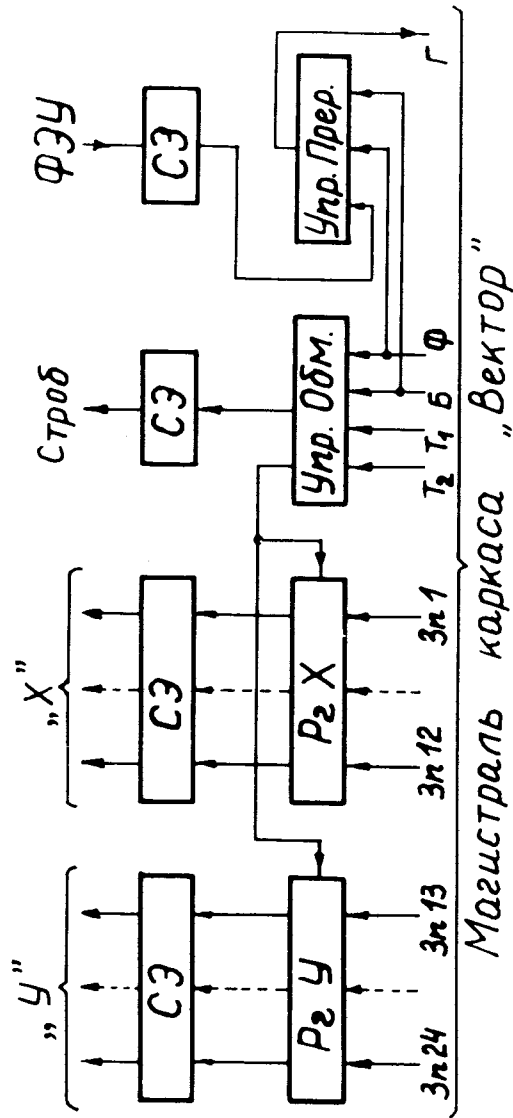


Рис.3. Структурная схема управления ОСК-1.

Информация от ЭВМ проходит через контроллер и заносится на 24-разрядный регистр по импульсу T_1 . Затем через согласующие элементы поступает на цифроаналоговый преобразователь X,Y /ЦАП X. ЦАПУ /ОСК-1. Импульс T_1 задерживается на 1 мкс и через согласующий элемент выдается на ОСК-1 в виде импульса синхронизации, который служит разрешением подсвета выводимой на экран точки.

При нажатии кнопки светового карандаша вырабатывается сигнал с фотоэлектронного умножителя /ФЭУ-60/. Световой карандаш реагирует на вспышку выбранной точки в момент подсвета. По этому сигналу вырабатывается импульс прерывания /Г/, и выдача информации из ЭВМ прекращается. Адрес отмеченной точки запоминается в ОЗУ ЭВМ.

Для оперативной работы с вышеуказанными внешними устройствами было создано новое математическое обеспечение, включающее в себя расширение системы команд и создание системы программ на машинном коде "Наири-2".

В систему команд "Наири-2" введен ряд новых команд /машинных операций/, перечень которых представлен в таблице. Введенные команды выполняются по запаянным в ДЗУ новым микропрограммам. Обмен информацией между ЭВМ и данным устройством осуществляется через контроллер также по микропрограмме, запаянной в ДЗУ "Наири-2".

Использование микропрограммного принципа управления для ЭВМ "Наири-2" является наиболее целесообразным. При подключении определенного внешнего устройства к ЭВМ через канал ввода-вывода, в ДЗУ записывается соответствующая микропрограмма, учитывающая специфику данного внешнего устройства. Она легко дополняется без изменения электронных блоков управления и контроллера. В этом случае для задания режимов работы определенного устройства не используется оперативная память ЭВМ.

В системе команд серийной ЭВМ "Наири-2" имеется 15 свободных кодов операций и около 400 незапаянных микрокоманд.

Таблица

Операторы	Команды		
	Внешний код	Назначение(функция)	
Программа МЛ $\begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} \begin{matrix} A \\ I \\ N \\ C \\ N \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{лч} \\ \text{лз} \end{matrix} \begin{matrix} A \\ I \end{matrix} \begin{matrix} \text{а} \\ \text{а} \end{matrix} \begin{matrix} 2 \\ 2 \end{matrix}$	Чтение Запись	
Возврат $\begin{matrix} H \\ H \\ P \end{matrix} \begin{matrix} _ \\ _ \\ _ \end{matrix} \begin{matrix} M \\ \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{ЛП} \\ \text{ЛУП} \\ \text{ЛПР} \end{matrix}$	перемотка установка низкой плотности перемотка и разгрузка	
Метка $\begin{matrix} \Phi \\ \text{С} \\ \text{С} \\ \text{С} \end{matrix} \begin{matrix} _ \\ _ \\ _ \\ _ \end{matrix} \begin{matrix} \text{С} \\ \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{ЛЗФ} \\ \text{ЛСП} \end{matrix}$	запись метки файла стирание промежутка	
Поиск $\begin{matrix} \Phi = N \\ \Phi = S \\ \Phi = N \\ \Phi = S \end{matrix} \begin{matrix} _ \\ _ \\ _ \\ _ \end{matrix} \begin{matrix} \text{в} \\ \text{в} \\ \text{в} \\ \text{в} \end{matrix} \begin{matrix} _ \\ _ \\ _ \\ _ \end{matrix} \begin{matrix} \text{н} \\ \text{н} \\ \text{н} \\ \text{н} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{ЛПФВ} \\ \text{ЛПФН} \\ \text{ЛПЗВ} \\ \text{ЛПЗН} \end{matrix}$	поиск метки файла вперед поиск метки файла назад пропуск зоны вперед пропуск зоны назад	
Дисплей	ОСК $\begin{matrix} A \\ I \end{matrix} \begin{matrix} \text{а} \\ \text{а} \end{matrix} \begin{matrix} 2 \\ 2 \end{matrix}$	обращение к граф.дисплею	
Программа N Программа $\begin{matrix} < \\ < \end{matrix} \begin{matrix} \text{дс} \\ \text{дн} \end{matrix}$ Начертим $\begin{matrix} < \\ < \end{matrix} \begin{matrix} I \\ 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 02302H \\ 02303H \\ 02294H \\ 02295H \\ 02296H \\ 02297H \end{matrix}$	опуст. перо подн. перо $\begin{matrix} \blacktriangle X \\ - \blacktriangle X \\ \blacktriangle Y \\ - \blacktriangle Y \end{matrix}$	Обращение к графопостро- ителю.

Для реализации новых команд, обеспечивающих нормальное функционирование магнитофона ЕС-5017 и графического дисплея ОСК-1, оказалось необходимым использовать 5 новых кодов операций и около 150 микрокоманд. Команды, управляющие работой графопостроителя, введены в ДЗУ с помощью расширения операции "Обращение" /см. табл./. Вновь введенные команды построены аналогично существующим машинным операциям и естественно дополняют систему команд "Наири-2".

Система программ, составленная на машинном языке "Наири-2", обеспечивает совместную работу отдельных узлов в процессе обработки информации. Кроме того, проведена модификация /на языке "Фортран"/ программ вычислительных задач на базовых ЭВМ /БЭСМ-6, CDC -6500/ для организации работы с магнитной лентой в режиме ЕС.

Так как режим автопрограммирования /АП/ является основным режимом работы "Наири-2", то для осуществления оперативной работы с магнитофоном, графическим дисплеем и графопостроителем в транслятор языка "АП" введены /в дополнение к существующим восемнадцати операторам/ новые операторы с необходимым набором фактических параметров ⁸ Каждый из этих операторов снабжается меткой в АП-программе и охватывает несколько команд обращения к магнитофону, дисплею, графопостроителю /см. табл./. В программах этих операторов предусмотрена проверка готовности магнитофона с помощью команды "Выдать состояние" /ЛВС/ ⁷ перед каждым выполнением любой магнитофонной команды.

Служебные операторы, управляющие режимами движения ленты магнитофона, не имеют собственных подпрограмм, и при исполнении результирующей программы после проверки готовности НМЛ происходит обращение непосредственно к соответствующей команде. Операторы, осуществляющие чтение-запись на НМЛ, организующие просмотр информации на дисплее, обеспечивающие работу графопостроителя, имеют развитые подпрограммы.

Блок-схема подпрограммы записи-чтения приведена на рис. 4.

В операторе "Программа МЛ" предусмотрены два режима работы:

1/ Запись-чтение информации, получаемой непосредственно в ОЗУ-1 или ОЗУ-2 "Наири-2" в виде собственных программ или результатов расчетов. При этом длина зоны записи-чтения произвольна вплоть до объема одного ОЗУ, составляющего 2047 36-разрядных слов.

2/ Чтение информации с ленты, поступающей с базисных ЭВМ через магнитофоны серии ЕС или CDC, взаимозаменяемые с НМЛ ЕС-5017. В этом случае длина зон программно стандартизована и составляет 256 48-разрядных слов для ЭВМ БЭСМ-6 и 512 60-разрядных слов для ЭВМ CDC-6500. В последнем случае по специальной подпрограмме массив зоны на ЭВМ CDC -6500 преобразуется в 640 48-разрядных слов структуры CDC и после этого записывается на ленту.

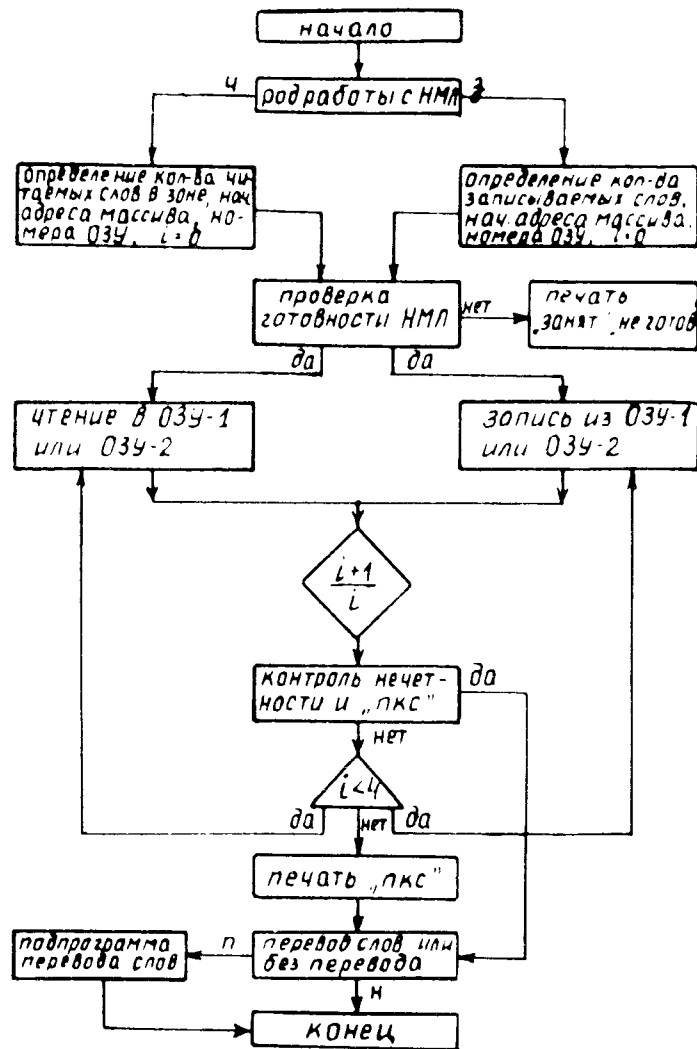


Рис.4. Блок-схема программы чтения и записи.

В обоих режимах записи-чтения предусмотрен контроль нечетности и продольной контрольной суммы /ПКС/ с помощью специальной подпрограммы, использующей команду "ЛВС".

При необходимости специальная подпрограмма, вызываемая одним из фактических параметров в операторе "Программа МЛ", осуществляет перевод 48-разрядного слова БЭСМ-6 или CDC -6500, представляющего нормализованное число с плавающей запятой, в 36-разрядное слово, соответствующее нормализованному числу с плавающей запятой в структуре "Наири-2". При этом 12 младших разрядов мантиссы отбрасываются, и длина ее составляет 27 разрядов, что оказывается достаточным для обработки результатов расчетов.

В системе магнитофонных подпрограмм "Наири-2" предусмотрена работа с файлами, организованными на базисных ЭВМ.

Графический дисплей со световым карандашом ОСК-1 предназначен для визуального наблюдения точечных кривых, отображающих результаты численных расчетов. С помощью оператора "Программа ДС" из таблицы значений переменных, фиксирующих результаты расчетов и находящихся в ОЗУ-1 и ОЗУ-2, выбираются две переменные /аргумент и функция заданной кривой/ и формируется специальный массив, необходимый для работы дисплея, который также размещается в ОЗУ-1 или ОЗУ-2. Каждая ячейка этого массива соответствует одной точке на экране дисплея и содержит 12-разрядные коды двух выбранных переменных. Блок-схема подпрограммы формирования дисплейного массива приведена на рис. 5.

Подпрограмма оператора "Дисплей" обеспечивает засветку на экране дисплея всех точек дисплейного массива, сформированного предыдущим оператором. Число засвечиваемых точек может быть изменено с пульта управления ЭВМ. Блок-схема подпрограммы засветки дисплейного массива показана на рис. 6. Засветка точек осуществляется командой "ОСК", работающей в микропрограммном цикле. Выход из цикла засветки точек осуществляется либо с пульта управления "Наири-2", либо с помощью светового карандаша. При этом в зависимости от режима работы светового карандаша возможно увеличение яркости отмеченной точки, распечатка

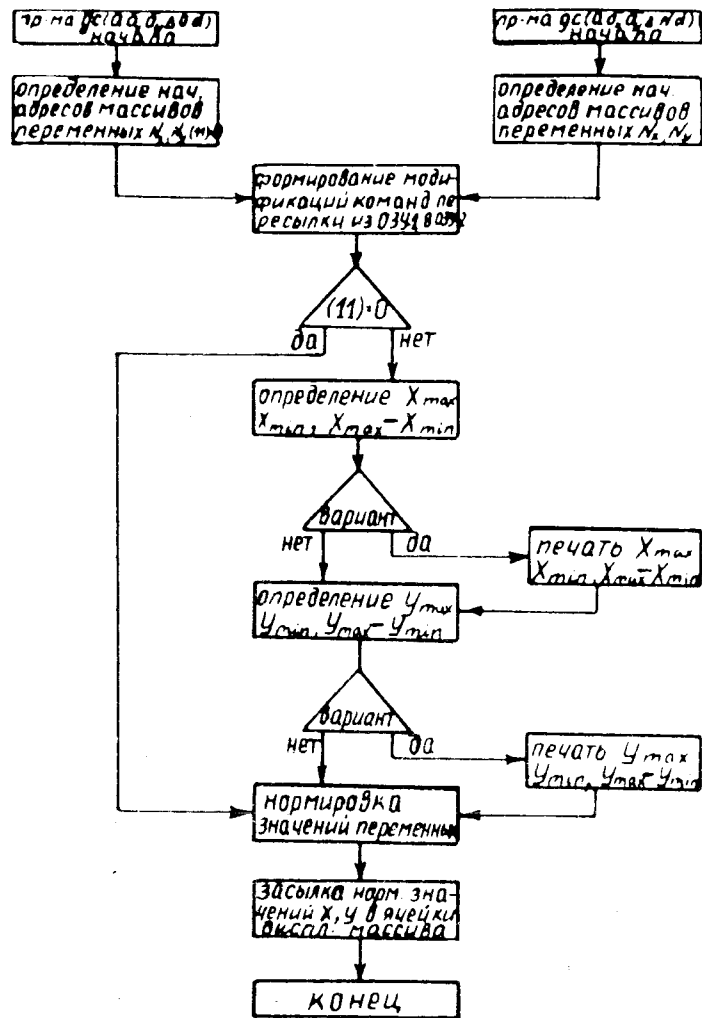


Рис.5. Блок-схема работы программы формирования дисплейного массива.

номера и координат этой точки. Одновременно координаты отмеченных точек засылаются в специальный массив ОЗУ.

При необходимости представить результаты расчетов в графической форме используется система под-

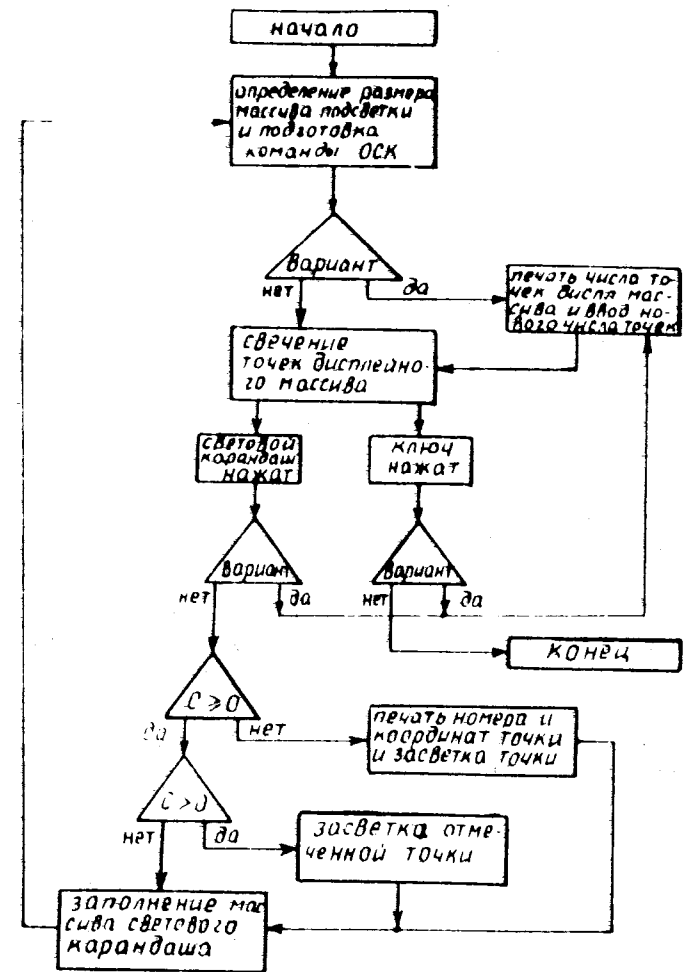


Рис.6. Блок-схема работы программы засветки дисплейного массива.

программ "График", составленная на машинном языке "Напри-2" и обеспечивающая работу ЭВМ с любым дискретным графопостроителем^{9/}

Система подпрограмм "График" позволяет осуществлять следующие операции:

1/ Построение осей координат X, Y, Z любого заданного направления и длины с вертикальными или горизонтальными делениями через заданное расстояние.

2/ Установку пера графопостроителя в заданное начальное положение.

3/ Вычерчивание графика заданной точечной кривой $y = f(x)$ в выбранном масштабе в виде сплошной линии с программной линейной интерполяцией между точками, либо в виде отдельных точек.

4/ Возврат пера графопостроителя в начальное положение.

5/ Переход пера из одного начального положения в другое.

6/ Возврат пера в начало системы координат.

Блок-схема подпрограмм подготовки начальных данных и построения графика приведена на рис. 7.

Обращение к отдельным подпрограммам осуществляется либо оператором "Программа N", либо с помощью новых операторов, введенных в транслятор "Наири-2" /см. табл./. Для организации перемещения пера графопостроителя на величины $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$, $\Delta y_i = y_i - y_{i-1}$, т.е. в очередную точку заданной кривой, значения x_i, y_i подпрограммой переводятся из чисел с плавающей запятой /с учетом заданных масштабных коэффициентов/ в число элементарных шагов двигателей графопостроителя. Затем определяются приращения числа шагов между данной и предыдущей точками по формулам

$$\Delta l_{xi} = [K_x \cdot M_x \cdot X_i] - l_{i-1}$$

$$\Delta l_{yi} = [K_y \cdot M_y \cdot y_i] - l_{i-1}$$

где [] обозначают выделение целой части с учетом округления, K_x, K_y - число элементарных шагов на миллиметр, M_x, M_y - масштабные коэффициенты. При таком алгоритме погрешность в приращениях числа шагов будет минимальной. Приращения числа шагов по X, Y образуют интерполяционный треугольник, по гипотенузе которого перо перемещается с точностью, определяемой элементарным шагом двигателей графопостроителя. Если необходима нелинейная интерполяция между точками исходного массива, то с помощью оператора "Программа ДИ" осуществляется обращение к новой программе интерполяции, использующей метод централь-

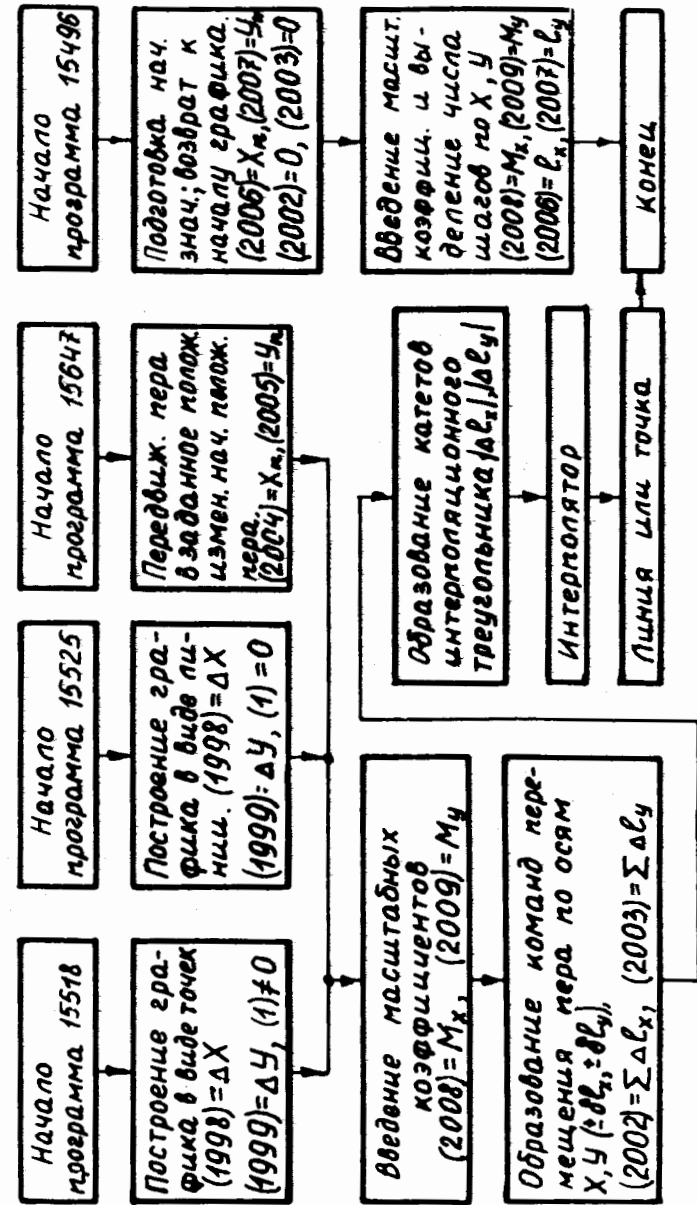


Рис. 7. Блок-схема подпрограмм подготовки начальных значений и построения графика.

ных разностей. В разработанную систему программ входят также программа численного дифференцирования точечной кривой /1-я и 2-я производные/, программа нахождения определенного интеграла, если подынтегральная функция задана графиком, модернизированная программа метода Рунге-Кутта при наличии в правых частях дифференциальных уравнений графических функций.

Основная часть команд созданного математического обеспечения помещена в 9-ю кассету ДЗУ "Наири-2" на место отладочной программы.

К настоящему времени вся система обработки прошла примерно двухгодичный период эксплуатации, показавший достаточную надежность работы системы и соответствие ее параметров основным требованиям для обработки результатов численных исследований и выполнения других вспомогательных функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов В.П. Программирование инженерных задач для ЦВМ "Наири-2". ЛПИ, Л., 1975.
2. Синаев А.Н. ОИЯИ, Р10-8507, Дубна, 1975.
3. Гавриш П.П., Городничев Е.Д., Кольга В.В. ОИЯИ, 10-10022, Дубна, 1976.
4. Гавриш П.П., Городничев Е.Д., Кольга В.В. ОИЯИ, 10-10574, Дубна, 1977.
5. Гавриш П.П., Городничев Е.Д., Кольга В.В. ОИЯИ, 11-7285, Дубна, 1973.
6. Лысенко З.В., Томик Й., Трубников В.Г. ОИЯИ, 10-3331, Дубна, 1967.
7. Гавриш П.П., Городничев Е.Д., Кольга В.В. ОИЯИ, 11-10659, Дубна, 1977.
8. Аксенова Е.К., Кольга В.В., Полумордвинова Н.И. ОИЯИ, 11-10721, Дубна, 1977.
9. Аксенова Е.К., Кольга В.В., Трейбал З. ОИЯИ, 11-10818, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 ноября 1978 года