

10 - 11896

ПОЛЫНЦЕВ
Александр Дмитриевич

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ГРАФИЧЕСКИХ ДИСПЛЕЙНЫХ СТАНЦИЙ
В ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ
КОМПЛЕКСЕ ОИЯИ

Специальность 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных машин и систем

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук

Александр Андреевич
Карлов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Игорь Николаевич Силин

кандидат физико-математических наук

Юрий Матвеевич
Баяковский

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР, Новосибирск

Автореферат разослан " " _____ 1978 г.

Защита диссертации состоится " " _____ 1978 г. в " " ча-
сов на заседании Специализированного совета Лаборатории вычисли-
тельной техники и автоматизации ОИЯИ, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических
наук

Гуркина

Т.П. Пузынина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

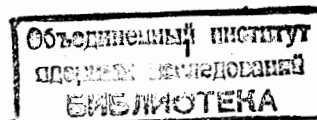
В системах машинной графики в последнее время получают распространение программируемые терминалы. Терминалы такого типа обычно создаются на базе дисплея и линии или микро-ЭВМ, которая подключается к мощной центральной ЭВМ. Благодаря хранению в памяти ЭВМ программы, графический терминал располагает некоторым набором функциональных возможностей для локального выполнения части программы пользователя на терминальной ЭВМ.

Подключение графического дисплея через терминальную ЭВМ к мощной вычислительной системе имеет ряд преимуществ по сравнению со способом непосредственного подключения дисплея к ЭВМ.

Во-первых, наличие терминальной ЭВМ позволяет разгрузить центральную ЭВМ от выполнения функций управления графическим дисплеем и ряда простых операций обработки данных. При этом в значительной степени возрастает эффективность использования центральной ЭВМ. Во-вторых, благодаря наличию универсальной ЭВМ в составе графического терминала, упрощается задача дистанционного подключения дисплея к мощной вычислительной системе. Связь между ЭВМ может осуществляться практически через любой доступный канал передачи данных.

При разработке математического обеспечения (МО) для систем с программируемыми графическими терминалами или, другими словами, дисплейными станциями, возникают дополнительные проблемы чисто системного характера, например, такие, как организация взаимодействия между центральной и терминальной ЭВМ, между человеком и ЭВМ и т.п. Особое внимание также должно уделяться таким вопросам, как простота изучения и использования системы и возможность применения ее для решения широкого круга задач.

В Объединенном институте ядерных исследований графические дисплеи используются с 1968 года. В ранних системах они находи-



лись в непосредственной близости от ЭВМ и подключались как обычные устройства ввода-вывода.

Развитие измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ поставило задачу создания МО графических дисплейных станций на базе ЭВМ М-6000, подключенных через линии связи к центральной ЭВМ БЭСМ-6. Графические дисплейные станции предполагалось использовать для решения широкого круга физических и математических задач в режиме диалога человека с ЭВМ. Возникла задача разработки соответствующего математического обеспечения с учетом следующих основных положений:

- программирование задач осуществляется, как правило, на центральной ЭВМ;
- от пользователя в большинстве случаев не требуется усилий для программирования на терминальной ЭВМ;
- в случае необходимости расширение функциональных возможностей дисплейной станции осуществляется за счет дополнительных системных средств (по выбору пользователя), а также за счет программ пользователя на терминальной ЭВМ.

Цель работы

С 1973 года автор реферируемой диссертации принимал участие в работах по созданию математического обеспечения графических дисплейных станций на базе мини-ЭВМ М-6000, оснащенных графическими дисплеями СИГДА, и подключенных к центральной ЭВМ БЭСМ-6 измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Основными задачами, которые были решены автором, являлись:

- разработка локального МО дисплейной станции на ЭВМ М-6000;
- разработка на ЭВМ БЭСМ-6 МО дисплейной станции в части, относящейся к управлению ЭВМ М-6000, и создание универсальных графических подпрограмм для анализа функций в режиме диалога;
- применение разработанного МО для решения физических задач с использованием дисплейной станции.

В представляемой диссертации не рассматриваются вопросы создания пакетов графических подпрограмм для дисплея СИГДА на ЭВМ М-6000 и БЭСМ-6, в разработке которых принимал участие коллектив авторов.

Научная новизна

Научная новизна состоит в выработке общего подхода к разра-

ботке математического обеспечения графических дисплейных станций, автономные возможности которых могут широко меняться.

Разработанное и созданное МО для графических дисплейных станций предоставляет пользователю широкие возможности для автономной обработки данных и отличается рядом особенностей от известных разработок, выполненных в этой области, в частности, позволяет легко изменять и расширять автономные возможности дисплейной станции в зависимости от специфики применений. Это может выполняться как за счет оптимального выбора разработанных системных средств, так и посредством подпрограмм пользователя, которые при необходимости включаются в состав локального МО на терминальной ЭВМ.

Практическая ценность

Первая рабочая версия системы математического обеспечения графических дисплейных станций была создана в 1975 году. За прошедший период дисплейные станции применялись для решения различных физических и математических задач в ОИЯИ. Одновременно проходило развитие и совершенствование МО дисплейных станций. Практический опыт показал эффективность применения разработанного МО при решении различных задач в режиме диалога человека с ЭВМ.

Несмотря на то, что МО дисплейных станций создавалось с учетом специфики задач, решенных в измерительно-вычислительном комплексе ОИЯИ, разработанное МО предоставляет универсальные средства, которые не зависят от конкретных областей применений. Поэтому разработанное математическое обеспечение пригодно для применений в других научных центрах.

Предложенный автором подход к разработке математического обеспечения для графических дисплейных станций, а также способы его практической реализации могут найти применение при разработке МО для систем с программируемыми терминалами различного назначения.

Локальное МО дисплейной станции и его отдельные компоненты переданы в ряд организаций, где успешно используются.

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались на Всесоюзном совещании по системам автоматизации научных исследований (Рига, 1975) на шестой конференции по эксплуатации вы-

числительных машин БЭСМ-6 (Тбилиси, 1976), на конференции по машинной графике (Новосибирск, 1977), а также на научных семинарах ЛВТА ОИЯИ.

Публикации

По результатам диссертационной работы опубликовано восемь работ.

Объем работ

В диссертацию вошли результаты работ, выполненных автором за последние пять лет^{/1-8/}. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений и списка литературы. Содержание работы изложено на 114 страницах. В диссертацию входят 60 рисунков и иллюстраций, 12 страниц занимает приложения. Библиографический список состоит из 107 наименований работ. Общий объем диссертации составляет 178 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дан краткий обзор затрагиваемых проблем и сформулирована поставленная задача.

В первой главе приведен общий обзор современного состояния работ по созданию математического обеспечения для графических систем с программируемыми терминалами. В обзоре рассмотрены известные зарубежные и отечественные разработки, которые были наиболее полно опубликованы в печати.

Работы в области создания программируемых графических терминалов проводятся в ИПМ АН СССР, в Институте автоматики и электротехники, в Вычислительном центре СО АН СССР (Новосибирск), в Институте кибернетики АН УССР (Киев), в Институте математики и механики УИЦ (Свердловск) и ряде других организаций.

Программируемые графические терминалы функционально можно разделить на две группы. В первую входят графические терминалы, автономные возможности которых предлагаются пользователю как "черный ящик" с фиксированным числом функций. В системах этого типа обычно не предусмотрено расширения автономных возможностей терминала за счет программ пользователя. Системы такого типа называ-

вают интеллектуальными терминалами^{/9,10/}. Вторую группу образуют такие системы, которые предоставляют возможность разделения программы между двумя ЭВМ по усмотрению пользователя. Дисплейные станции этого типа, помимо способности автономного выполнения фиксированного числа функций, предоставляют дополнительные возможности за счет программ самого пользователя на терминальной ЭВМ. Системы этого типа называют интеллектуальными спутниками^{/11,12/}.

Дисплейные станции с фиксированным набором стандартных возможностей, как правило, успешно используются в ограниченной области применений. Эти системы имеют тот недостаток, что разделение функций между центральной и терминальной ЭВМ происходит всегда фиксированным образом. Локальное МО терминальной ЭВМ располагает хотя и универсальными, но ограниченными возможностями. Поэтому автономные возможности дисплейной станции в ряде случаев могут не в полной мере соответствовать индивидуальным требованиям различных пользователей.

Значительно большими возможностями располагают системы, математическое обеспечение которых позволяет легко расширить автономные возможности дисплейной станции за счет программ пользователя на терминальной ЭВМ. Однако задача создания МО для таких систем, как показано на примерах рассмотренных в текущей главе разработок, является весьма сложной задачей и требует значительных системных издержек.

На основании анализа обзорного материала также показано, что в разработке МО для графических дисплейных станций двух типов нет общего подхода, и работы в этом направлении являются весьма актуальными^{/13,14/}.

Вторая глава посвящена вопросам разработки математического обеспечения графических дисплейных станций ОИЯИ.

За основу разработки МО графических дисплейных станций были приняты следующие основные положения:

1. Локальное МО дисплейной станции на терминальной ЭВМ должно располагать, по возможности, максимально широким набором функциональных средств, предлагаемых пользователю как "черный ящик" и отвечающих требованиям различных областей применения. Пользователю должны предоставляться программные средства для легкой реконфигурации нужной версии локального МО из предлагаемого набора системных модулей.

2. Необходимо предусмотреть специальные средства для простого

расширения автономных возможностей дисплейной станции за счет программ пользователя, включаемых в состав локального МО.

3. Для программирования задач пользователя на центральной ЭВМ должно допускаться использование стандартных языков программирования (например, ФОРТРАН). Взаимодействие программы пользователя на центральной ЭВМ с дисплейной станцией осуществляется посредством обращений к соответствующим подпрограммам.

На основании сформулированных требований в качестве стандартного был выбран набор функциональных возможностей локального МО, из которого основными являются:

I. Прием графических объектов из центральной ЭВМ, организация их хранения и регенерации на экране дисплея. Прием объектов произвольной природы (текстовая информация, данные и т.п.).

2. Ввод с клавиатуры по запросу от центральной ЭВМ (синхронный ввод), и по требованию пользователя (асинхронный ввод) с возможностью автономного редактирования вводимой информации.

3. Передача объектов (графических и иных) в центральную ЭВМ.

4. Организация работы со световым карандашом в режиме указания, когда программе пользователя доступны имена помеченных объектов.

5. Анализ сообщений, введенных с клавиатуры дисплея; при необходимости - их локальная обработка.

6. Локальная обработка графической информации (включение, выключение, удаление, перемещение графических объектов, автономная генерация графических объектов) по командам от человека или от центральной ЭВМ.

7. Прием и передача содержимого памяти терминальной ЭВМ. (Используется, главным образом, для динамической перезагрузки содержимого памяти новыми программами терминальной ЭВМ).

8. Прием таблицы действий от центральной ЭВМ.

9. Обработка таблицы действий.

10. Организация ввода-вывода на всех доступных внешних устройствах терминальной ЭВМ.

II. Автономное редактирование таблицы параметров, переданной из центральной ЭВМ.

Подпрограммы пользователя, включаемые в состав локального МО, доступны для их вызова из центральной ЭВМ (межпроцессорный вызов), а также по командам от человека со стороны терминальной ЭВМ.

Во второй главе отдельно рассмотрены вопросы организации

взаимодействия между центральной и терминальной ЭВМ, между человеком и ЭВМ.

Выбран и реализован способ взаимодействия между ЭВМ на двух уровнях. На первом (нижнем) уровне взаимодействие происходит с помощью запросов. Запрос передается из центральной ЭВМ в дисплейную станцию и содержит управляющую информацию, которая определяет характер предстоящей операции обмена и объем передаваемой информации. Посредством запросов между ЭВМ осуществляется передача различной информации (графические и текстовые объекты, данные), а также специальные приказы, которые подлежат исполнению на терминальной ЭВМ. Приказ, или таблица действий определяет необходимость выполнения некоторого действия на терминальной ЭВМ. На первом уровне взаимодействия дисплейная станция выступает как некоторое устройство ввода-вывода центральной ЭВМ с особыми возможностями.

На втором (верхнем) уровне взаимодействие между ЭВМ происходит посредством аппарата таблицы действий. Обработывая таблицу действий, дисплейная станция выполняет функции локальной обработки данных и выступает уже как "интеллектуальное" устройство.

Обычно обработка таблицы действий связана с вызовом некоторой исполнительской подпрограммы, что позволяет организовать достаточно сложную локальную обработку данных на основе выполнения последовательности обращений к отдельным подпрограммам терминальной ЭВМ. Используя аппарат таблицы действий, центральная ЭВМ может осуществлять межпроцессорный вызов подпрограмм, входящих в состав локального МО. Таким образом, включая в состав локального МО новые исполнительские подпрограммы, которые доступны для обращения посредством аппарата таблицы действий, можно расширить автономные функциональные возможности дисплейной станции.

В качестве основного инструмента диалога используется клавиатура дисплея и световой карандаш. При работе с клавиатурой диалог человека с ЭВМ происходит посредством сообщений, которые можно разделить на две группы: локальные макрокоманды и сообщения для центральной ЭВМ. Локальные макрокоманды обрабатываются полностью на терминальной ЭВМ и обеспечивают выполнение различных функций в процессе диалога. Текстовые сообщения передаются в центральную ЭВМ программе пользователя.

В третьей главе диссертации на основе требований, сформулированных в предыдущей главе, рассматриваются способы практической реализации математического обеспечения графических дисплейных станций ОИЯИ, а именно:

- структура локального МО и организация управления дисплейной станцией;
- структура данных локального МО;
- подпрограммы управления дисплейной станцией на центральной ЭВМ;
- подпрограммы на центральной ЭВМ для графического представления и анализа функций в режиме диалога;
- средства расширения функциональных возможностей дисплейной станции.

Локальное МО предназначено для организации управления работой дисплейной станции и реализовано в виде комплекса подпрограмм. Функциональные возможности локального МО доступны программе пользователя на центральной ЭВМ посредством обращений к соответствующим подпрограммам. Суммарная длина всех программ локального МО IЗК I6-разрядных слов. Минимальное ядро резидентных программ, необходимых для функционирования дисплейной станции, составляет 5К слов.

Основными частями локального МО являются: программа инициирования, программа-диспетчер, интерпретатор запросов от БЭСМ-6, интерпретатор локальных макрокоманд и интерпретатор таблицы действий.

Программа инициирования осуществляет начальную установку внутренних системных переменных.

Программа-диспетчер организует управление дисплейной станцией, обеспечивая ее функционирование в соответствии с командами, поступающими от центральной ЭВМ и от человека. Для организации обслуживания процессов, выполняемых на терминальной ЭВМ, диспетчер использует две очереди. Первая (входная) предназначена для временного хранения таблиц действия, которые подлежат локальной обработке. Вторая очередь служит для запоминания состояния тех процессов, выполнение которых временно приостанавливается (обычно на время выполнения ввода-вывода).

Благодаря гибкому асинхронному управлению диспетчер обеспечивает параллельное выполнение процессов локальной обработки данных с операциями ввода-вывода на всех доступных внешних устройствах терминальной ЭВМ.

В интерпретаторе запросов предусмотрена возможность обращений к внешним подпрограммам для обработки запросов нового типа, что позволяет, при необходимости, достаточно просто расширять системные возможности локального МО.

Интерпретатор макрокоманд осуществляет обработку локальной макрокоманды и генерирует во входной очереди таблицу действий, соответствующую вызову некоторой исполнительной подпрограммы.

Все функции обработки данных на терминальной ЭВМ выполняются в результате интерпретации таблицы действий, которая передается из центральной ЭВМ, либо генерируется во входной очереди после обработки локальной макрокоманды, введенной с клавиатуры дисплея. Таким образом, как центральная ЭВМ, так и пользователь имеют возможность вызова подпрограмм локального МО на терминальной ЭВМ, что является отличительной особенностью созданного МО. Посредством макрокоманд пользователь может выполнять различные действия, предельно не запрограммированные в задаче.

Меняя набор прикладных (нерезидентных) подпрограмм на терминальной ЭВМ, можно легко изменить функциональные возможности дисплейной станции.

В описании реализации структур данных (классификация и анализ которых приведены в ^{I5/}) локального МО отдельно рассмотрены:

- организация данных для графического дисплея;
- организация динамического выделения памяти;
- цепочные структуры данных;
- FIFO - структуры, или обычные очереди (с дисциплиной обслуживания: "первым вошел - первым вышел");
- LIFO - структуры, или стеки (дисциплина обслуживания: "последним вошел - первым вышел");
- системные таблицы.

Графическая информация запоминается в памяти ЭВМ в виде дисплейного файла. Дисплейный файл состоит из совокупности отдельных графических объектов. Каждый объект идентифицируется посредством имени, и может иметь сложную иерархическую структуру ^{I6/}.

Для организации динамического выделения памяти предложен достаточно простой, и вместе с тем эффективный алгоритм. Механизм динамического выделения памяти позволяет организовать хранение различных объектов, которые идентифицируются посредством имен, без необходимости заботиться об их физическом расположении в памяти.

На основе выбранного типа структур данных (цепочки, очереди, стеки) предложен набор процедур, предназначенных для построения локального МО. Используемые структуры данных позволяют исключительно эффективно и гибко организовать временное хранение инфор-

мации и выполнять операции одновременного накопления и обработки данных, не заботясь о способах хранения информации в памяти ЭВМ и методах доступа к ней.

В локальном МО используются различного типа системные таблицы с последовательным доступом.

Таблица системных переменных содержит всю необходимую информацию для организации доступа к этим переменным по именам.

Таблица локальных макрокоманд содержит информацию, необходимую для интерпретатора макрокоманд. Расширение возможностей интерпретатора осуществляется простым способом за счет расширения таблицы и добавления новых исполнительных подпрограмм.

Различные версии локального МО (каждая со своим набором функциональных возможностей) хранятся в библиотеке подпрограмм на центральной ЭВМ, и во время работы дисплейной станции можно выполнять динамическую перезагрузку содержимого памяти терминальной ЭВМ.

Для расширения возможностей дисплейной станции нестандартными функциями подпрограммы пользователя, реализующие эти функции, загружаются в память терминальной ЭВМ вместе с программами локального МО.

В данной главе рассмотрены также программы, созданные автором для центральной ЭВМ БЭСМ-6 и предназначенные для управления работой дисплейной станции, а также универсальные подпрограммы для анализа функций в режиме диалога.

Подпрограммы управления дисплейной станции на центральной ЭВМ обеспечивают возможность обмена между двумя ЭВМ различной информации (посредством механизма запросов), и выполнение межпроцессорных вызовов подпрограмм локального МО (с помощью аппарата таблицы действий). В частности, посредством межпроцессорных обращений центральная ЭВМ может выполнять дистанционные операции ввода-вывода на всех имеющихся устройствах терминальной ЭВМ.

С учетом специфики физических и математических задач автором были созданы на ЭВМ БЭСМ-6 универсальные подпрограммы для графического представления и анализа функций одной и двух переменных в режиме диалога.

На основании известного метода удаления невидимых частей поверхности, заданной в аналитическом виде, автором был предложен вычислительный алгоритм для более общего случая численного задания поверхности. Созданные подпрограммы позволяют изображать в заданной системе координат функцию одной переменной (либо семейство функций)

и пространственную картину функции двух переменных (при необходимости с удалением невидимых линий).

Пользователь может оперативно менять координаты точки наблюдения, выбирать интересующие его фрагменты, задавать новые параметры функции для повторного счета, определять область экрана для графического представления результатов и выполнять иные действия, необходимые для детального исследования полученных результатов.

В четвертой главе диссертации приведены примеры практического применения разработанного автором математического обеспечения графических дисплейных станций при решении следующих физических задач:

- расчет траекторий пучка заряженных частиц в магнитном поле;
- расчет магнитной системы адгезатора коллективного ускорителя ОИЯИ.

В поставленных задачах требовалось найти такие значения начальных параметров, которые бы приводили к нужным решениям (фокусировка пучка электронов, сжатие электронного кольца).

На основе существовавших расчетных программ автором были созданы интерактивные графические программы, использующие разработанное МО дисплейной станции.

Дисплейные программы предоставляют пользователю следующие основные возможности в режиме диалога:

1. Выбор начальных условий.
2. Управление программой (запуск на счет, прекращение счета, продолжение и т.п.).
3. Представление результатов счета в виде графиков функций на экране дисплея.

Диалоговая работа пользователя с программами организуется посредством команд, вводимых с клавиатуры дисплея.

Начальные условия задаются в таблице параметров, которые доступны пользователю для редактирования во время работы с программой при поиске оптимального решения задачи. Редактирование параметров и контроль вводимых чисел выполняются автономно на дисплейной станции.

После окончания счета пользователь может посмотреть полученные результаты (графики функций, таблицы значений и т.п.), при необходимости оперативно изменить начальные условия и выполнить расчет заново.

Дисплейная программа расчета магнитной системы адгезатора предоставляет в дополнение к вышеперечисленным следующие возможности: представление промежуточных результатов счета на экране дисплея; временное прекращение выполнения расчетной части программы (не ожидая окончания расчета); возобновление выполнения расчетной части программы с новыми начальными условиями; более развитые средства для анализа изображаемых на экране графиков функций.

При желании пользователь может анализировать промежуточные результаты в процессе счета. В этом случае вывод результатов в графической форме осуществляется всякий раз после выполнения установленного числа шагов процесса сжатия. Таким образом, пользователь может наблюдать развитие процесса сжатия во времени.

Возможность динамического просмотра промежуточных результатов расчета позволяет более эффективно и быстро найти решение с меньшими затратами времени и позволяет пользователю качественно более глубоко исследовать физические процессы.

При необходимости на экране дисплея изображается список доступных команд с краткими пояснениями (суммарное число команд на разных уровнях программы превышает 30, однако основными являются 6+10 команд).

Графическое изображение с экрана регенеративного дисплея (СИГДА) можно копировать на запоминающий дисплей (который дает более качественное изображение), а также записывать на магнитную ленту ЭВМ IA-6000 для последующего более детального анализа. Это позволяет экономить время центральной ЭВМ за счет автономных возможностей дисплейной станции, особенно при решении тех задач, для которых весьма желательно графическое представление и анализ результатов после окончания счета.

Основные результаты, полученные в диссертации

I. Решена задача создания локального математического обеспечения (МО) удаленных дисплейных станций измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ, в результате чего стало возможным их эффективное использование при решении различных задач в режиме диалога. Средства разработанного МО предоставляют широкий набор функциональных возможностей по совместной обработке данных на центральной и

терминальной ЭВМ. Эти возможности являются универсальными, не зависят от области применения дисплейной станции, и в большинстве случаев достаточны для решения широкого класса задач. Вместе с тем предусмотрены программные средства для расширения и изменения функциональных возможностей дисплейной станции.

2. Локальное МО организовано так, что имеется возможность полностью автономной работы дисплейной станции. При этом пользователю предоставляются программные средства для автономного формирования, редактирования, хранения и анализа графической и алфавитно-цифровой информации, а также для анализа информации, полученной в результате проведения расчетов на других ЭВМ. Последнее особенно важно при решении таких задач, которые не требуют активного диалога в процессе вычислений, и для которых весьма желательно графическое представление и анализ результатов после окончания счета.

3. В процессе реализации локального МО решен ряд вопросов, имеющих самостоятельное значение:

а) Предложен и реализован способ организации взаимодействия между двумя ЭВМ на уровне запросов (нижний уровень) и с помощью аппарата таблицы действий (верхний уровень). Посредством аппарата таблицы действий выполняются все функции по локальной обработке данных на терминальной ЭВМ.

б) Предложен и реализован способ организации совместного выполнения программ на двух ЭВМ посредством межпроцессорного вызова подпрограмм. Пользователь может программировать свою задачу для двух различных ЭВМ без необходимости изучения средств локального МО.

в) Реализован интерпретатор локальных макрокоманд, который легко допускает расширение набора макрокоманд по усмотрению пользователя.

г) Создана программа-диспетчер, предназначенная для управления, синхронизации и выполнения всех процессов на терминальной ЭВМ. Диспетчер дисплейной станции обеспечивает параллельное выполнение процессов ввода-вывода и локальную обработку информации.

д) Реализован набор подпрограмм для динамического выделения памяти, для организации и работы с различными структурами данных: цепочками, очередями, таблицами и стеками.

Способы реализации локального МО и создание программные средства могут найти применение при разработке математического

обеспечения как для графических дисплейных станций на базе микро-ЭВМ, так и для других систем с интеллектуальными терминалами различного назначения.

4. Для центральной ЭВМ (БЭСМ-6) создан набор подпрограмм для управления работой дисплейных станций. Пользователю предоставляется доступ ко всем компонентам локального МО дисплейной станции, и, в частности, доступ ко всем внешним устройствам ЭВМ М-6000. Разработаны также универсальные графические подпрограммы для анализа функций одной и двух переменных, зависящих от параметров. Подпрограммы предназначены для активного анализа исследуемых функций в диалоговом режиме.

5. На основе известного метода удаления невидимых частей трехмерной поверхности, заданной в аналитическом виде, автором разработан вычислительный алгоритм анализа невидимых линий для более общего случая численного задания поверхности. Разработанный алгоритм был использован при создании подпрограммы графического представления и анализа функции двух переменных.

6. На основе разработанного математического обеспечения дисплейной станции автором созданы дисплейные программы, которые были использованы в Объединенном институте ядерных исследований для решения следующих физических задач:

- расчет траектории пучка заряженных частиц в магнитном поле с учетом пространственного заряда;
- расчет магнитной системы адгезатора коллективного ускорителя ОИЯИ.

По сравнению с обычными способами расчета задач на ЭВМ, возможность оперативного диалога человека с ЭВМ в процессе решения задачи наряду с графическими средствами дисплейной станции позволяет более эффективно и быстро найти нужное решение.

Помимо перечисленных задач, разработанное математическое обеспечение дисплейной станции было использовано и используется в настоящее время в ОИЯИ для решения и других сложных физических и математических задач.

Л и т е р а т у р а

Работы, положенные в основу диссертации

- Г. Кавченко А.В., Карлов А.А., Полынцев А.Д., Смолякова Т.Ф.
Реализация режима диалога при работе с графическим дисплеем СИГДа на ЭВМ М-6000. Журн. УСИМ, 1974, I, с.114.

2. Карлов А.А., Полынцев А.Д., Смолякова Т.Ф. Использование метода "черного ящика" для организации работы дисплейной станции. В кн: "Системы автоматизации научных исследований. Рига, 1975, с.304.
3. Заикин Н.С., Кавченко А.В., Карлов А.А., Полынцев А.Д., Смолякова Т.Ф. Математическое обеспечение удаленной дисплейной станции. Сообщение ОИЯИ, IO-9326, Дубна, 1975.
4. Карлов А.А., Полынцев А.Д. Локальное математическое обеспечение удаленной дисплейной станции. Сообщение ОИЯИ, II-IO967, Дубна, 1977.
5. Карлов А.А., Полынцев А.Д. Структура данных удаленной дисплейной станции. Сообщение ОИЯИ, IO-IO946, Дубна, 1977.
6. Полынцев А.Д. Локальные возможности удаленной дисплейной станции на базе ЭВМ М-6000, подключенной к ЭВМ БЭСМ-6. Деп.публ. ОИЯИ, BI-IO-II272, Дубна, 1978.
7. Дерендяев Ю.С., Илющенко В.И., Карлов А.А., Кочкин В.И., Полынцев А.Д., Смолякова Т.Ф. Программа расчета и анализа на дисплее траекторий электронного пучка с учетом пространственного заряда и магнитных полей. Деп.публ. ОИЯИ BI-II-9982, Дубна, 1976.
8. Александров А.В., Карлов А.А., Полынцев А.Д. Применение удаленной дисплейной станции для расчета магнитной системы адгезатора. Сообщение ОИЯИ, IO-II842, Дубна, 1978.

Цитированные работы

9. Dill J.C., Thomas J.J. On the organization of a remote low cost intelligent graphics terminal. Computer Graphics, Spring 1979, 9, p.1.
10. Woodsford P.A. The design and implementation of the GINO 3D graphics software package. Software-Practive and Experience, 1971, 1, p. 335.
11. Van Dam A., Stabler G.M., Harrington R.J. Intelligent satellites for interactive graphics. Proc. of The IEEE, April 1974, 62, p.484.
12. Hamlin G., Foley J.D., Configurable applications for graphics employing satellites (CAGES). Computer Graphics, Spring 1975, 9, p.9.
13. Абербух В.Л. и др. Графическая дисплейная система ГРАДИС. В кн: "Материалы VI конференции по эксплуатации вычислительной машины БЭСМ-6. Программное обеспечение. Тбилиси, 1977. с.146.

14. Емельянова Л.А. и др. Реализация интерактивного режима работы за графическим дисплеем. В кн: "Материалы У1 конференции по эксплуатации вычислительной машины БЭСМ-6. Программное обеспечение. Тбилиси, 1977, с.140.
15. Полынец А.Д. Структуры данных. В кн: "Международная школа по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. ОИЯИ, Д10, II-8450, Дубна, 1974, с.217.
16. Кавченко А.В., Карлов А.А., Полынец А.Д., Смолякова Т.Ф. Организация данных для графического дисплея. В кн: "Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач" ОИЯИ, Д10-7707, Дубна, 1974, с.332.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 сентября 1978 года