

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3020/82

28/VI-82

10-82-141

А.Е.Сеннер

БАЗОВЫЙ ПАКЕТ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММ  
ДЛЯ ОС ЕС ЭВМ

Общие концепции

1982

Машинное математическое обеспечение ЕС ЭВМ включает в свой состав графический метод доступа /GAM/1,2/ и основанные на этом методе пакеты графических программ, которые доступны при использовании языков фортран, кобол и ПЛ/1.

Существенным недостатком реализации указанного математического обеспечения является ориентация программных средств на конкретные технические особенности и параметры графического дисплея ЕС-7064. Например, отсутствие у данного дисплея автономной памяти большой емкости определило отсутствие гибких программных средств управления буферной памятью, предназначенной для хранения генерируемых изображений. Исходя из фиксированных растровых размеров экрана дисплея ЕС-7064 кодирование изображения реализовано в растровых единицах конкретного экрана.

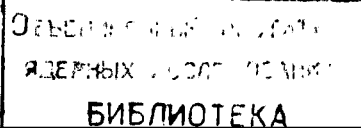
Перечисленные и ряд других факторов затрудняют использование GAM при создании пакетов прикладных программ, обслуживающих графические устройства, отличные от ЕС-7064. Существующие недостатки, с одной стороны, и необходимость внедрения в архитектуру вычислительной системы нестандартного для серии ЕС ЭВМ графического дисплея/3,4/- с другой, явились причинами, определившими актуальность разработки и создания пакета графических программ /ППП/.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПАКЕТУ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Обсуждаемое в работе математическое обеспечение ориентировано на обслуживание процесса генерации изображения и организации вывода изображения на устройство. Программные средства, обслуживающие устройства ввода графических данных /например, световое перо, трекбол/, в данной публикации не рассматриваются.

С учетом особенностей задач, в которых предполагается использование ППП, а также преимуществ и недостатков математического обеспечения существующих развитых графических систем/5-9/ разрабатываемому пакету программ предъявлялись следующие требования:

- унификация средств математического обеспечения за счет снижения зависимости от конкретного устройства;
- оптимизация использования ресурса ОЗУ, необходимого для хранения генерируемых изображений



- обеспечение возможности гибкого управления буферной памятью, предназначенной для хранения графической информации;
- обеспечение возможности одновременного хранения в памяти ЭВМ нескольких изображений.

Пакет программ, удовлетворяющих перечисленным требованиям, обладает высокой степенью адаптивности<sup>/10/</sup>. Это свойство позволяет успешно использовать его для решения широкого круга прикладных задач.

#### ТИПОВАЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПАКЕТА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Важная роль при создании математического обеспечения, удовлетворяющего сформулированным выше требованиям, отводилась проблеме выбора обоснованной и рациональной структуры пакета графических программ. Анализ существующих пакетов аналогичного назначения позволил создать типовую структурную схему ПГП, состоящую из восьми иерархически подчиненных уровней функционально-ориентированных программ/рис.1/.

Как видно из рис.1, более высокие уровни иерархии могут использовать в своей работе уровни, расположенные ниже. Например, для математического обеспечения высшего уровня доступны библиотеки фрагментов, компонентов и элементов изображений. С одной стороны, такой подход конструирования ПГП создает предпосылки унификации средств построения сложных изображений, с другой - предоставляет гибкий аппарат построения произвольного изображения практически любой сложности.

Совокупность трех верхних уровней иерархии, следующих за уровнем графических программ пользователя, представляет из себя проблемно-ориентированный пакет графических программ. В частности, модули, приведенные на рис.1, характерны для ПГП научных исследований.

Нижние четыре уровня иерархии ни в коей мере не ориентированы на решение какого-либо конкретного класса задач и являются общими для любых проблемных пакетов графических программ. Это обстоятельство позволяет логически объединить совокупность указанных уровней под общим названием "базовый пакет графических программ" /БПГП/.

Следует отметить, что не все из проанализированных систем машинной графики однозначно отображаются на предложенную типовую структурно-функциональную схему. Но наблюдаемые отличия рассмотренных систем носят локальный характер, и суть их связана в основном с перемещением некоторого функционального модуля на соседний уровень иерархии.

Разработанная и представленная на рис.1 структурная схема функционального взаимодействия программных модулей реализована в обсуждаемом ПГП.



Рис.1. Типовая структурная схема пакета графических программ.

Данная работа посвящена рассмотрению средств, реализованных в БПГП.

#### СРЕДСТВА УНИФИКАЦИИ БАЗОВОГО ПАКЕТА ПРОГРАММ

Как отмечалось выше, унификация средств БПГП, то есть снижение их зависимости от особенностей конкретных устройств, являлась одной из основных целей при разработке обсуждаемого математического обеспечения.

Данное требование оказало существенное влияние на решение вопроса о выборе структурной схемы пакета в пользу структуры, представленной на рис.1. Одним из главных ее достоинств является функциональное разделение программных модулей на уровни. Особенности конкретного устройства учитываются только на

предпоследнем уровне иерархии. Следовательно, данная организация позволяет за счет замены "модуля кодирования изображения для конкретного устройства" или расширения его возможностей обслуживать соответственно устройство другого типа или совокупность устройств различных типов.

Существующий в настоящее время достаточно богатый набор аппаратных графических средств с точки зрения разработчика математического обеспечения, к сожалению, не обладает стандартизованными функциональными возможностями. Данное обстоятельство, естественно, осложняет решение проблемы унификации БПП. Решение проблемы достигнуто за счет выбора подхода, основывающегося на предположении о возможности реализации аппаратными средствами устройства следующего ограниченного множества функций:

- установка луча /пера/ в заданную позицию экрана;
- изображение точки в заданной позиции;
- изображение вектора, соединяющего позицию текущей точки экрана с заданной.

Перечисленные функциональные возможности имеются у всех современных графических устройств. Таким образом, удается добиться желательной для разработчика математического обеспечения стандартизации функций аппаратуры.

Следует подчеркнуть, что ограничение возможностей указанной совокупностью средств принципиально позволяет использовать разрабатываемое математическое обеспечение для генерации изображений, выводимых как на дисплей, так и на графопостроители.

Для унификации БПП принято решение отказаться от определения координат изображения в растровых единицах экрана. Кодирование координат ведется в условных единицах, представляемых в ЭВМ в форме чисел с плавающей запятой. Соответствие между условной единицей и растровой единицей конкретного устройства задается масштабным коэффициентом /независимо для каждой из осей/. Разработчик математического обеспечения графических устройств имеет возможность оперативно модифицировать значения масштабных коэффициентов. Это предоставляет пользователю аппарат определения удобных произвольных единиц кодирования изображения /сантиметры, дюймы, дециметры и т.п./.

Важным средством унификации базового пакета является генерация холлерических знаков программными средствами. Такой подход, помимо того, что он дает эффект снижения зависимости пакета от типа устройства, снимает ограничения на допустимый размер символа и предоставляет пользователю общий аппарат определения собственного подмножества специальных символов.

В описываемой версии БПП реализовано полное множество изображаемых символов стандартного кода КПК-12. При кодировании таблиц символов оптимизировался ресурс ОЗУ за счет сов-

мещения идентичных фрагментов различных символов. Суммарный размер данных таблиц составляет порядка 900 байтов.

#### СТРУКТУРА ДАННЫХ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ БАЗОВЫМ ПАКЕТОМ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Информация, получаемая в результате работы БПП, характеризуется различным функциональным назначением. В соответствии с этим ее размещение в ОЗУ организовано в виде отдельных, иерархически связанных блоков данных. Краткое описание, сведения о назначении и взаимосвязи блоков приводятся ниже.

Совокупность данных, определяющих отдельное изображение, называется файлом изображения. Файл изображения имеет последовательную организацию и состоит из записей изображения, линейно упорядоченных и объединенных в односвязанный двусторонний список<sup>11</sup>. Запись изображения имеет три функциональных сегмента: служебной информации, данных изображения и признака окончания массива данных в записи.

Сегмент служебной информации характеризуется детерминированной структурой и содержит сведения о взаимосвязях записи, допустимом и реальном объемах графических данных в записи, номере записи в файле изображения и т.д.

Сегмент данных изображения служит для хранения непосредственно графической информации. Сегменты всех записей, кроме последнего, заполняются целиком. В последнем записи, в общем случае, используется только некоторая часть объема сегмента.

Сегмент признака окончания массива данных в записи состоит из единственного элемента. Содержимое элемента - код, принципиально невозможный при кодировании изображения для конкретного устройства. В связи с существованием в сегменте служебной информации сведений о реальном объеме графических данных в записи может показаться излишней переопределенность, связанная с введением признака окончания. Однако наличие признака позволяет применять в процессоре вывода графических данных алгоритмы, не использующие сведений об информативной части записи.

Завершая обсуждение организации записей изображения, необходимо отметить, что первый записи имеет строго определенное функциональное назначение и предназначен для организации предварительной очистки экрана. Сегмент данных изображения в первом записи содержит коды, используемые процессором вывода графической информации для реализации сброса предыдущего изображения. Такое решение имеет существенные достоинства при разработке интерпретаторов для устройств различных типов.

Глобальные параметры и переменные, необходимые для работы с файлом, содержатся в создаваемом для этой цели блоке управления файлом. В блоке хранятся, в частности, сведения о количестве записей в файле, о длине файла, указатели на первый, последний и текущий записи и т.д. В каждом записи имеется указатель на соответствующий блок управления файлом. Такая организация обеспечивает простой аппарат доступа к глобальным параметрам файла при работе с любым произвольным записью.

Согласно принятой идеологии описываемая система предполагает возможность одновременного хранения в ОЗУ свыше одного файла изображения. Это привело к организации оглавления файлов, которое состоит из двух функционально различных сегментов - общего и элементов оглавления.

Сегмент элементов оглавления состоит из некоторого числа этих элементов, имеющих детерминированную структуру. Элементы оглавления, поставленные в соответствие хранящимся в ОЗУ файлам, объединены в односвязный двухсторонний список. Каждый из них содержит целочисленный идентификатор файла, информацию о статусе файла и указатель на соответствующий блок управления файлом. Количество элементов в сегменте определяется в процессе генерации базового пакета графических программ.

В общем сегменте оглавления файлов хранятся данные о количествах занятых и потенциально доступных элементов оглавления, указатели на списки этих элементов, указатели на блоки управления генерируемого и выводимого файлов и т.д.

Общие переменные, постоянно используемые при работе пакета, размещаются в глобальной информационной зоне. Зона содержит в своем составе шесть функциональных информационных сегментов. Общий сегмент предназначен для хранения данных о положении в памяти оглавления файлов, объеме оглавления файлов, длине записи изображения, о состоянии вектора диагностических посланий и т.д. В сегменте генерирования изображения хранятся данные о создаваемом в текущий момент файле изображения. Сегмент изображения содержит значения масштабных коэффициентов, начала координат, текущего положения луча /пера/, допустимых размеров изображения и т.д. Сегмент устройства предназначен для хранения значений, определяющих параметры и коды управления конкретного устройства. Сегмент вывода содержит информацию о файле, обслуживаемом процессором вывода изображения. В сегменте статистических данных хранятся данные о количестве сгенерированных изображений, их средней, минимальной и максимальной длинах, о типе и количестве особых ситуаций, возникавших при работе ПГП.

Описанная структура данных схематически представлена на рис.2. К числу ее достоинств относятся логическое и физическое объединение совокупности данных по функциональному признаку

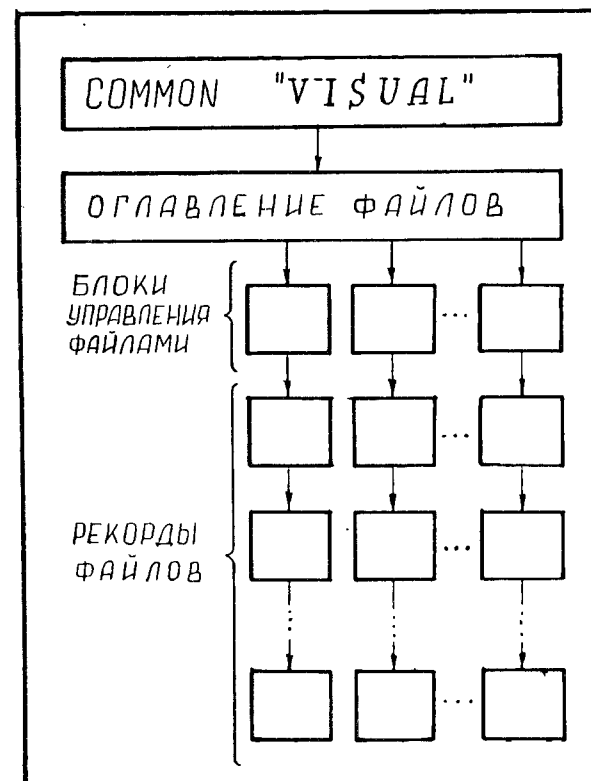


Рис.2. Схематическое представление структуры графических данных.

и простые и удобные связи между выделенными совокупностями. Указанные свойства структуры обеспечили гибкие возможности реализации различных функциональных алгоритмов и дальнейшей их модернизации и модификации.

#### РАЗМЕЩЕНИЕ В ОЗУ ДАННЫХ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ БАЗОВЫМ ПАКЕТОМ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Генерируемые изображения по своей сути имеют свойства статистических объектов. Одно из проявлений этих свойств - априорная неопределенность объема данных кодируемого изображения. В результате в общем случае до выполнения программы отсутствует возможность определения величины ресурса ОЗУ ЭВМ, необходимого для хранения генерируемых изображений.

Резервирование значительного объема памяти при генерации небольших изображений может привести к существенному снижению эффективности использования ресурса ОЗУ. С другой стороны, в случае сложных изображений есть вероятность переполнения буферной памяти и, соответственно, потери части изображения. Указанные причины привели к выводу о необходимости использования динамических структур данных для размещения информации, генерируемой БПГП.

Задача оптимизации использования ресурса ОЗУ решалась на основе аппарата динамического распределения памяти, предоставляемого средствами ОС ЕС ЭВМ. В области динамической памяти располагаются файлы изображения и, соответственно, их рекорды, блоки управления файлами и оглавления файлов. Все перечисленные наборы данных имеют свойства статистических объектов, что и определило неэффективность использования для них методов статистического распределения ресурса ОЗУ.

Глобальная информационная зона обладает детерминированной структурой. Вследствие частого обращения к хранящимся в ней данным необходимо обеспечить эффективный метод доступа к этим данным. Перечисленные причины определили оптимальность размещения глобальной информационной зоны в общей поименованной области (COMMON/VISUAL/...).

Учет конкретных особенностей создаваемых блоков данных и соответствующий выбор методов распределения ресурса ОЗУ позволили повысить эффективность использования оперативного запоминающего устройства, увеличить степень буферизации генерируемых данных и с помощью языка управления заданиями варьировать ресурс ОЗУ, доступный для размещения графической информации.

#### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОРОВ ГЕНЕРАЦИИ И ВЫВОДА ИЗОБРАЖЕНИЙ

При разработке базового пакета графических программ большое внимание уделялось возможности предоставления пользователю гибкого аппарата создания собственных логических схем генерации и вывода изображений. В рамках данной концепции в БПГП реализована возможность выполнения различных алгоритмов взаимодействия процессора генерации файла изображения и процессора вывода файла на устройство. Управление выбором алгоритма обеспечивается соответствующим вызовом одной из доступных пользователю подпрограмм.

Первый алгоритм для конкретного файла предполагает строго последовательную работу процессоров генерации и вывода изображения, и его суть состоит в следующем. Рекорды файла размещаются в ОЗУ по мере генерации изображения. В том случае,

если для размещения очередного рекорда в области динамической памяти ресурс ОЗУ оказывается недостаточным, то уничтожается самый старый из файлов, уже обработанный процессором вывода. Освобождается занимаемый им участок ОЗУ, и процесс генерации возобновляется. Если файлы, доступные для уничтожения, отсутствуют, то производится закрытие текущего файла и остаток изображения теряется.

Использование данного алгоритма эффективно при подготовке и автономной отладке математического обеспечения графического представления результатов. Полученный файл полностью содержится в ОЗУ и может обрабатываться некоторым достаточно простым процессором вывода. В частности, разработан и создан интерпретатор файла для его представления на алфавитно-цифровом печатающем устройстве. Это обеспечивает удобную возможность оперативной автономной отладки программ графических изображений.

Второй алгоритм ориентирован на параллельно-последовательную работу процессоров генерации и вывода. После завершения формирования очередного рекорда осуществляется передача управления объявляемой пользователем подпрограмме. Последняя реализует определяемый пользователем алгоритм обработки рекорда. Фактический адрес и длина рекорда передаются с помощью аппарата формальных параметров. При возврате управления БПГП производится уничтожение рекорда, а присвоенный рекорду ресурс ОЗУ возвращается банку динамической памяти.

Использование этого алгоритма, естественно, ликвидирует возможность хранения в ОЗУ не только нескольких, но и одного файла изображения. Вместе с тем алгоритм требует малого ресурса ОЗУ, используемого в качестве буферной памяти для генерации изображения.

Основным достоинством алгоритма является предоставление программисту гибкого аппарата создания разнообразных логических схем взаимодействия процессов генерации и вывода изображений. В качестве иллюстративного примера можно указать на простую возможность реализации с помощью описываемого аппарата дисплей-файла /по терминологии, принятой в<sup>18/</sup>/.

Третий алгоритм является в известной степени суперпозицией двух вышеописанных. Работа его тождественна работе первого алгоритма до того момента, пока ресурс ОЗУ достаточен для размещения текущего рекорда изображения. В случае невыполнения указанного условия реализуется вызов определяемой пользователем подпрограммы для каждого из сгенерированных к текущему моменту рекордов. При возврате управления БПГП уничтожается текущий рекорд, а соответствующий ресурс ОЗУ возвращается банку динамической памяти. После обработки последнего существующего рекорда БПГП продолжает дальнейшую генерацию изображения.

Данный алгоритм по сравнению со вторым алгоритмом ликвидирует принципиальное ограничение на возможность хранения одного или нескольких файлов изображения в ОЗУ и обеспечивает высокую степень буферизации. Пользователю также предоставляется аппарат предотвращения возможности потери части графических данных, присущей первому алгоритму.

Совокупности программных средств генерации и вывода изображений не имеют общих ресурсов в виде программных модулей. Критические участки для указанных совокупностей возможны только при модификации оглавления файлов. Это обеспечивает простоту и удобство организации асинхронного выполнения процессов генерации и вывода изображения. Данная проблема актуальна, например, при разработке комплексов программ реального времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пеледов Г.В., Райков Л.Д. Введение в ОС ЕС ЭВМ. М., "Статистика", 1977.
2. Хусаинов Б.С. Программирование ввода-вывода в ОС ЕС ЭВМ на языке Ассемблера. "Статистика", М., 1980.
3. Левчановский Ф.В. и др. Графический индикатор на бистабильной запоминающей ЭЛТ с сеточным потенциалонесителем. ОИЯИ, P11-10-579, Дубна, 1977.
4. Груиа А. и др. ОИЯИ, P11-10-580, Дубна, 1977.
5. Баяковский Ю.М. и др. ГРАФОР: комплекс графических программ на ФОРТРАНе. Препринт ИПМ АН СССР, вып. 1, 1972.
6. Костюк Ю.Л. Система математического обеспечения графического вывода для ЕС ЭВМ. Томск, изд. Томского университета, 1977.
7. Программное обеспечение машинной графики для решения научно-технических задач /вычислительные системы, вып. 71/. Новосибирск, изд. СО АН СССР, 1977.
8. Curran C.S., Howie J.M., Matthews R. GD3 INTRODUCTORY GUIDE, document DD/US/8. CERN, DD Division, September, 1977.
9. Brun R., Watkins H. HPLLOT USER GUIDE, document DD/EE/80-2, DD/US/17. CERN, DD Division, 1980.
10. Гвардейцев М.И. и др. Специальное математическое обеспечение управления. "Советское радио", М., 1980.
11. Цикритзис Д., Бернштейн Ф. Операционные системы. "Мир", М., 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 марта 1982 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

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

Сеннер А.Е. Базовый пакет графических программ для ОС ЕС ЭВМ. Общие концепции

10-82-141

Рассмотрены основные концепции и алгоритмы, положенные в основу базового пакета графических программ, созданного для ОС ЕС ЭВМ. При его разработке учитывались требования унификации средств математического обеспечения, оптимизации использования ресурса ОЗУ, гибкого управления буферной памятью, высокого быстродействия. Предложенная структурная схема создана на основе анализа структуры ряда известных пакетов программ машинной графики. Рассмотренные программы разработаны для использования в математическом обеспечении систем реального времени. Совокупность множества функций пакета и реализованная унификация предоставленных им средств создает предпосылки для его успешного применения в различных системах математического обеспечения.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Senner A.E. Base Packet of Graphic Subprograms for OS ES Computer 10-82-141  
General Conceptions

Main conceptions and algorithms used in base graphic software packet are considered. The requirements of unification of software means, optimization of core resource, flexible control of buffer memory, fast execution have been met during software creation. The software architecture is similar to that of a series of well-known software. It is developed for using in real time systems. Software parameters and possibilities provide its successful application in different program systems.

The investigation has been performed at the Laboratory of the High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.