

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В ИАиЭ СО РАН

А. М. КОВАЛЕВ, Б. С. ДОЛГОВЕСОВ, К. Ф. ОБЕРТЫШЕВ

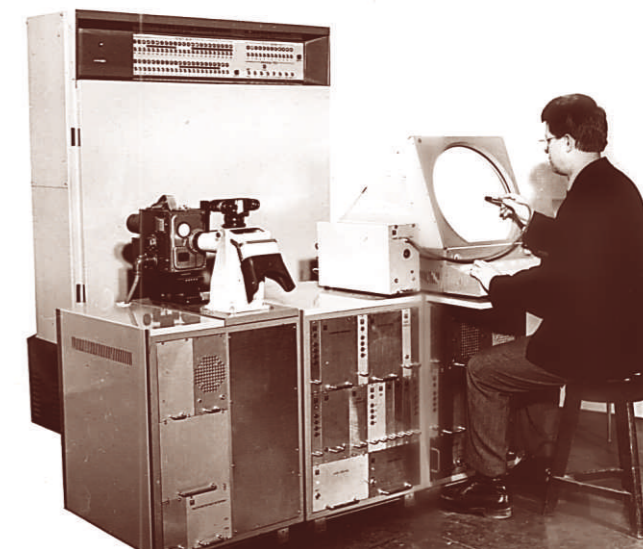
К середине 60-х гг. XX века машинная графика (в современной терминологии компьютерная графика) по своим задачам и используемым средствам вычислительной техники сформировалась в самостоятельное направление исследований и разработок для практического применения в различных сферах человеческой деятельности. В 1968 г. профессор Айвен Сазерленд (Ivan Sutherland), считающийся основоположником трехмерной машинной графики, и профессор Дэвид Эванс (David Evans) организовали компанию Evans & Sutherland (США). Ставшая пионером в области трехмерной машинной графики, компания и поныне сохраняет лидерство в области разработки аппаратно-программных средств создания высокореалистичных компьютерных изображений для моделирующих и тренажерных систем. В это же время (1968 г.) по инициативе директора ИАиЭ СО АН СССР акад. Ю. Е. Нестерихина машинная графика, как научно-практическое направление, получила свое начало в ИАиЭ СО АН СССР. Создается Лаборатория машинной графики, которую возглавил к. т. н. А. М. Ковалев. Сотрудниками новой лаборатории стали А.С. Токарев, Б. С. Долговесов, В. Н. Котов, А.А. Лубков, К. Ф. Обертышев, А. П. Якимович.

Первое «детище» лаборатории - система графического взаимодействия с ЭВМ «Экран» (1968-1970 гг.) - периферийное устройство ЭВМ для отображения буквенно-цифровой и графической информации (в векторной форме) с функциональными возможностями, выполняемыми без участия центрального компьютера: воспроизведение постоянного немерцающего изображения, генерация типовых графических элементов (буквенно-цифровые символы, линии, окружности и т. д.), модификация и коррекция изображения, маркирование и рисование с помощью светового пера. Предназначался «Экран» для решения задач автоматизации научных исследований. Систему демонстрировали гостям Института, особый интерес у них вызывал процесс рисования световым пером. Экспериментальный образец системы «Экран» был установлен в Вычислительном центре СО АН СССР и использовался как интерактивный терминал при выполнении на ЭВМ «БЭСМ-6» модельных исследований устойчивости движения частиц в ускорителе.



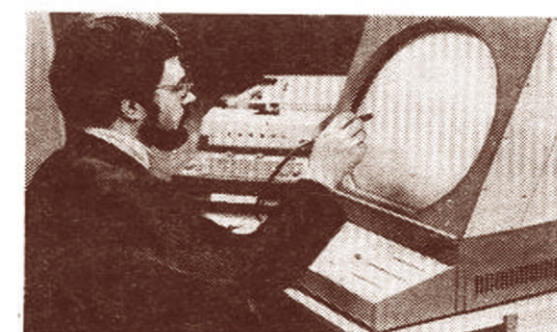
А. М. Ковалев Б. С. Долговесов К. Ф. Обертышев

Пользователи (исследователи ИЯФ СО АН СССР) получили возможность наблюдать в реальном времени за динамикой движения частиц по фазовой плоскости, изменять по своему усмотрению начальные условия, выделять интересующую область и т. д.



Общий вид системы «Экран».

4 ноября 1971 г., № 44 (525). ЗА НАУКУ В СИБИРИ



Дисплей, разработанный в ИАиЭ СО АН СССР, недавно установлен в Вычислительном центре.

«Экран» на ВЦ СО АН СССР.

В 1972 г. наш «Экран» попал на «большой экран»: киностудия «Центрнаучфильм» при участии Б. С. Долговесова и К. Ф. Обертышева выпустила научно-популярный фильм «Зримый прогноз», где на примере «Экрана» продемонстрированы возможности графического общения человека с ЭВМ (моделирование посадки космического аппарата на Луну, разработка конструкции летательных аппаратов и т. д.). В последствии система «Экран», как достойный экспонат, заняла место в Музее СО РАН.

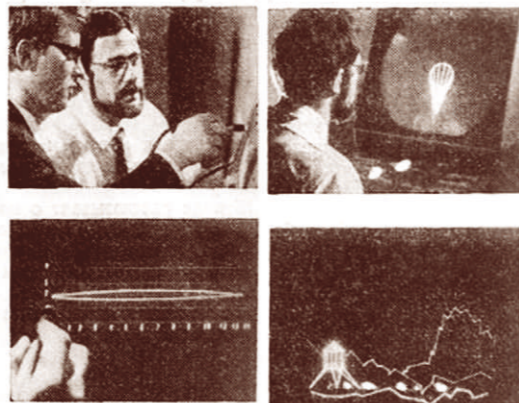
С развитием автоматизированных систем управления производством актуальным становится наличие в составе таких систем быстродействующих устройств ввода-вывода буквенно-цифровой информации, способных заменить механические. В качестве такого устройства в лаборатории создается электронный терминал «Символ» (1971 г.) с выводом буквенно-цифровой информации на экран дисплея для оперативного обмена данными с центральной ЭВМ, управляющей производственным процессом.

Дальнейшее развитие систем компьютерной графики связано с появлением персональных ЭВМ. В лаборатории создается на базе миниЭВМ «Электроника100» универсальная графическая система «Дельта» (1972 г.) для взаимодействия оператора с ЭВМ в реальном времени (руководитель работы А. А. Лубков). Наличие в структуре системы миниЭВМ и ее стандартного периферийного оборудования позволило расширить функциональные возможности системы и эффективно решать проблему диалога оператора с ЭВМ при подготовке, обработке и документировании буквенно-цифровой и графической информации. Подключенная к ЭВМ «Минск-32» в качестве активной графической станции «Дельта» использовалась в ИАиЭ СОАН для проектирования топологии печатных плат. Разработанная система послужила прототипом для серийно выпускавшегося с 1974 г. дисплея ЭПГ СМ.

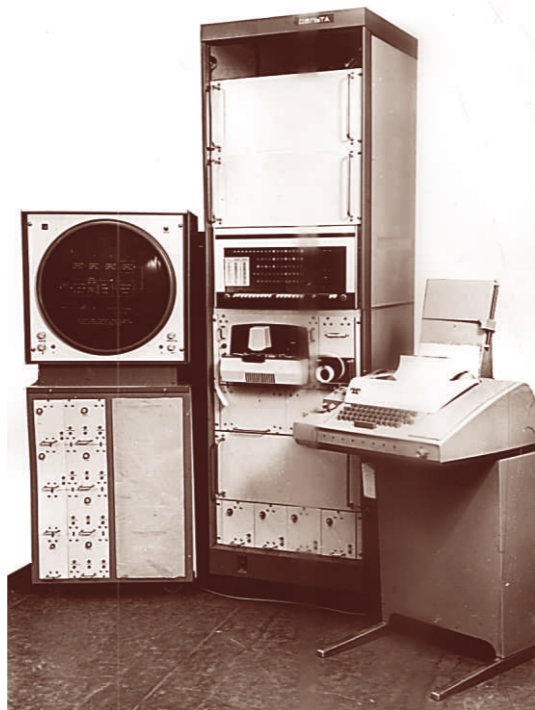
Однако векторная графика как инструмент для формирования изображений на экране монитора не могла удовлетворить требованиям, предъявляемым к системам визуализации в тех сферах, где требовалось наибольшее приближение трехмерной модели к реальной действительности и адекватное восприятие динамически меняющейся ситуации. Стала актуальной замена использовавшихся ранее имитаторов визуальной обстановки с физическими моделями и телевизионными камерами на имитаторы с математическим моделированием объектов наблюдения. Особенно это было важно в тренажерных системах, где необходима

«ЗРИМЫЙ ПРОГНОЗ»

Авторы сценария В. Галушкин и А. Непомнящий; консультант—кандидат технических наук Д. Лебедев; режиссер Н. Руднев; оператор В. Суворов. Производство киностудии «Центрнаучфильм», 1972 год.



Кадры из фильма.



Графическая станция «Дельта».

быстрая реакция на изменения в изображении. На смену векторной графике должна была прийти растровая, способная воспроизводить полутоновые изображения компьютерных моделей, наиболее соответствующих реальным объектам. Должна появиться возможность имитировать различные состояния атмосферы, погодные явления, световые эффекты, тени и т. д. Актуальность проблемы возростала еще и потому, что в то время было принято решение о разработке многоцветного возвращаемого космического самолета (МВКС) типа «Буран»,

последовало решение о разработке систем подготовки летчиков-космонавтов. Первые сообщения А. М. Ковалева о возможности создания компьютерной системы синтеза визуальной обстановки были сделаны в НПО «Молния», которое разрабатывало планер МВКС, и в Центре подготовки Космонавтов им Ю.А. Гагарина, в котором предстояло обучаться летчикам.

Наступил следующий этап развития компьютерной графики в ИАиЭ, связанный с разработкой и созданием компьютерных систем синтеза трехмерных сцен, позволяющих формировать высокореалистичные изображения в реальном времени для имитации окружающей реальной среды. Основа таких систем - графический процессор с достаточным быстродействием для воспроизведения динамики в реальном масштабе времени, способный формировать цветные полутоновые изображения высокого качества в формате телевизионного раstra. Подобные системы планировалось использовать в тренажерных комплексах для подготовки различных специалистов: космонавтов, летчиков, военных и др.

В лаборатории проводятся исследования по разработке синтезирующих систем визуальной обстановки (ССВО) для авиационных и космических тренажеров. По заказу ГосНИИАС (Москва) выполняется НИР по разработке тренажерных систем воспроизведения визуальной обстановки в реальном масштабе времени. Создается экспериментальный образец системы визуализации «Горизонт» (1979 г.), который обеспечивает динамическое цветное изображение трехмерных сцен со спецэффектами (огни, туман). Система послужила прототипом для опытно-конструкторской разработки и выпуска систем визуализации для тренажеров Миноборонпрома СССР (НПО «Старт»).

С начала 1980-х годов начинается активное сотрудничество с Центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина по созданию ССВО для космических тренажеров, которое продолжается и в настоящее время. В разные годы разработан ряд синтезирующих систем визуальной обстановки для тренажерных комплексов по подготовке космонавтов по



Трехканальная ССВО «Аксай» для ЦПК им. Ю. А. Гагарина.

программе космической станции «Мир», а затем Международной космической станции (МКС). В 1981-1985 гг. создается экспериментальный образец трехканальной синтезирующей системы имитации визуальной космической обстановки «Аксай» для целевого использования в тренажерах ЦПК им. Ю. А. Гагарина. В основу архитектуры системы заложен новый способ обработки приоритетно-упорядоченных объектов трехмерных сцен, на который получено авторское свидетельство.

В разработке и создании системы под руководством А. М. Ковалева участвовали Б.С. Долговесов, А.С. Токарев, К.Ф. Обертышев, С. В. Власов, С. И. Вяткин, Ю. Э. Тиссен, Б. С. Мазурок, А. А. Лубков, В. Н. Котов, В.В. Курочкин и сотрудники СКБ НП СО АН СССР (В. М. Белов, В. А. Буровцев, А. С. Сероштан, И. Б. Нефедов, В. В. Богданов, Н. М. Пономарев, И. А. Николаева). Программное обеспечение для системы «Аксай» разрабатывалось группой программистов под руководством заведующего лабораторией программных систем машинной графики к.т.н. Э. А. Талныкина. Ими создан комплекс программных средств, поддерживающий систему от этапа создания до работы в составе тренажера ЦПК им. Ю. А. Гагарина. Система «Аксай», обладая на момент создания лучшими техническими показателями среди разрабатываемых подобных систем в стране, успешно эксплуатировалась при подготовке космонавтов по программе космической станции «Мир».

За создание системы «Аксай» коллектив разработчиков награжден Дипломом им. Юрия Гагарина.



Анализ развития систем трехмерной компьютерной графики за рубежом и расширение сферы их применения предопределили необходимость проведения исследований и разработок в двух направлениях:

- разработку и создание многопроцессорных систем высокой производительности и разрешающей способности, в том числе на специализированной элементной базе сверхбольшой интеграции;

- разработка и создание систем малой стоимости для широкого применения.

В связи с расширением исследований в области создания перспективных ССВО различного назначения, в 1985 г. создается лаборатория синтезирующих систем визуализации (заведующий лабораторией к. т. н. Б. С. Долговесов). В лаборатории проблем машинной графики (заведующий лабораторией д. т. н. А. М. Ковалев) проводятся поисковые исследования в рамках первого направления. Предложен новый принцип организации многоканальных высокопроизводительных ССВО, основанный на методах параллельно-конвейерной обработки геометрических примитивов.

Разработана архитектура ССВО на единой модульной и программной основе. Предложенная организация ССВО ориентирована на перспективу, и для эффективной практической реализации требовала создания специализированных сверхбольших интегральных схем (СБИС). С этой целью были разработаны структуры СБИС для ряда функциональных модулей.

В лаборатории синтезирующих систем визуализации научно-исследовательские работы, возглавляемые Б.С. Долговесовым, были направлены на создание ССВО для широкого применения с меньшими аппаратными затратами (по сравнению, например, с «Аксаем»), но с возможностью расширения по производительности и по набору функций в зависимости от решаемых задач. Разрабатываются новые структурные решения и алгоритмы формирования изображений для ССВО. В частности, предложен алгоритм преобразования в реальном масштабе времени исходного описания трехмерных объектов в телевизионный растр, реализованный в цифровом генераторе изображений, на который получено авторское свидетельство. Эти разработки вызвали интерес в ЦПК им. Ю. А. Гагарина, где начинается процесс модернизации тренажерного парка. По заказу ЦПК им. Ю. А. Гагарина на основе новых архитектурных и алгоритмических решений на отечественной элементной базе создается ССВО модульного типа «Альбатрос» (1986 г.), по совокупности параметров не уступающая на

то время лучшим зарубежным образцам подобных систем.

Визит в ИАиЭ представителей ЦПК им. Ю. А. Гагарина - заместителя начальника управления по научно-исследовательской и испытательной работе космонавта Ю. Н. Глазкова, космонавта А. А. Леонова и командира технической части И. Н. Пачкаева укрепил взаимное стремление сторон к дальнейшему сотрудничеству в области создания ССВО для тренажерных комплексов.

В период до 1990 г. создаются различные модификации системы «Альбатрос» для решения специализированных тренажерных задач, в том числе и многоканальные, с расширенными функциональными возможностями (подвижные объекты, текстура, атмосферные эффекты, различного рода источники света и т. д.). Системы использовались в модернизированных космических тренажерных комплексах (ЦПК им. Ю. А. Гагарина). Заинтересовались системой «Альбатрос» и в Пензенском конструкторском бюро моделирования - ведущей организации в области тренажеростроения для военной и гражданской авиации. По инициативе ее директора Г. Н. Серегина в ПКБМ были переданы экспериментальный образец и научно-техническая документация системы для опытно-конструкторской разработки и серийного выпуска для авиационных тренажеров. «Альбатрос» демонстрировался на выставках «Сибирский прибор-90» (Диплом I степени СО АН СССР), на Первой международной выставке «Авиация-90» (Москва), Второй международной выставке авиационного оборудования (Пекин, Китай). Руководство ЦПК им. Ю. А. Гагарина (с 1995 г. РГНИИЦПК им. Ю. А. Гагарина) отметило высокий научно-технический уровень разработки системы «Альбатрос» и профессионализм коллектива, принимавшего участие в работах по ее созданию, вводу в эксплуатацию и обеспечению начального тренировочного процесса. Награ-



Ведущие инженеры Ю. Тиссен и А. Асмус за настройкой системы «Альбатрос».



Система «Альбатрос».



Представители ЦПК им. Ю. А. Гагарина с сотрудниками ИАиЭ и СКБ НП - разработчиками синтезирующих систем имитации визуальной космической обстановки - во время посещения Института (1986 г.).
(Первый ряд слева направо: А. М. Ковалев, Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Ю. Н. Глазков, дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР А. А. Леонов, П. Е. Твердохлеб, командир технической части ЦПК им. Ю. А. Гагарина И. Н. Пачкаев, Б. С. Долговесов).

дой за выполненную работу стали благодарностью в связи с 30-летием первого полета человека в космос и Диплом имени Ю. А. Гагарина за разработку и создание системы «Альбатрос» и в связи с проведением 1000-й тренировки на космических тренажерах с ее использованием.

Разработчики системы «Альбатрос»: Б.С. Долговесов, Б.С. Мазурок, Ю.Н. Маслобоев, А.Ф. Рожков, С.И. Вяткин, С.В. Власов, Ю.Э. Тиссен, П.И. Унру, А.И. Богомяков, С.Е. Чижик. Программное обеспечение системы «Альбатрос» создавалось под руководством И.В. Белого в лаборатории программных систем машинной графики.

Изначально лаборатория программных систем машинной графики в основном ориентировалась на разработку программного обеспечения для ССВО на базе специализированных аппаратных средств машинной графики - «Горизонт» и «Аксаи». Для этих систем разработан комплекс программных средств, включающий средства наладки, тестирования и диагностики, систему подготовки баз данных визуальных моделей, систему реального времени, систему поддержки протокола взаимодействия ССВО с моделирующим комплексом тренажера. В разные годы лабораторию возглавляли: Э.А. Талныкин, И.В. Белого, с 1999 г. д.ф.-м.н. М.М. Лаврентьев мл.

В последние годы стремительные темпы развития компьютерных технологий привели к существенному росту производительности и функциональных возможностей стандартных программно-аппаратных средств, широкое распространение получили персональные ЭВМ (ПЭВМ), расширилась сфера применения технологии виртуальной реальности. Все это предопределило дальнейшее направление исследований и разработок лаборатории программных систем машинной графики, связанных с использованием ПЭВМ (без специализированных аппаратных средств компьютерной графики) в качестве основной

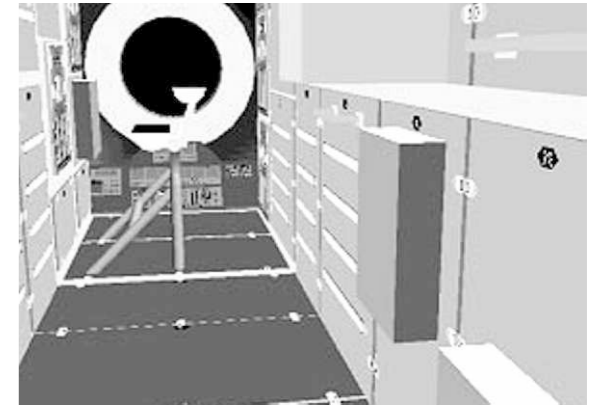
вычислительной платформы для систем визуализации трехмерных сцен. В этом случае все вычислительные функции формирования изображений переключаются на ПЭВМ, имеющей по сравнению со специализированными генераторами изображений ограниченный объем оперативной памяти и сравнительно низкопроизводительный центральный процессор. Для реализации такого подхода разработаны специальные методы визуального моделирования и отображения трехмерных сцен, программные средства объединения в рамках одной операционной среды функций визуализации, трехмерного озвучивания, управления динамикой поведения объектов виртуальных сцен и взаимодействия пользователя с виртуальными объектами. Разработаны специализированные методы оптимизации графического отображения виртуальных сцен, представляющих интерьеры архитектурных сооружений и космических аппаратов. Исследованы и апробированы методы предоставления в реальном времени информации о свойствах виртуальной среды в управляющие и анимационные системы. На базе проведенных исследований была разработана макетная версия первого в стране программного комплекса, обеспечивающего создание прикладных систем виртуальной реальности на базе ПЭВМ и станций Silicon Graphics. Возможности комплекса были наглядно продемонстрированы при создании для ЦПК им. Ю.А. Гагарина информационных обучающих систем, базирующихся на принципах виртуальной реальности. Изображения внутреннего устройства и оборудования модуля «Природа» космической станции «Мир» и ее внешнего вида в космосе получены с помощью данного комплекса.

Для обработки больших потоков информации в реальном времени разработаны эффективные алгоритмы, обеспечивающие высокореалистичное отображение быстроменяющейся виртуальной обстановки при минимальной нагрузке основного процессора, что важно при

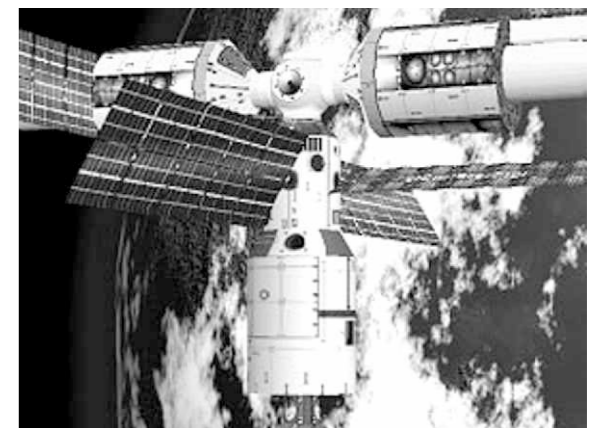
создании тренажеров транспортных средств. Так, например, в созданном в лаборатории компьютерном автотренажере требования к параметрам виртуального окружения оказываются едва ли не более жесткими, чем в космическом тренажере, что частично объясняется относительно высокими скоростями автомобилей по сравнению со скоростью подхода космического аппарата к орбитальной станции. Совместно с Сибирским государственным университетом путей сообщения (Новосибирск) создана система компьютерных тренажеров операторов горочного комплекса. Тренажерный горочный комплекс (ТГК) предназначен для обучения навыкам выполнения основных технологических функций операторов сортировочных горок, а также отработки их действий в нестандартных, аварийных и экстремальных ситуациях. Все рабочие места ТГК представляют собой полную имитацию реальных рабочих мест и увязаны в единый комплекс для выработки навыков совместной работы.

Функциональные возможности ТГК:

- воспроизведение методами виртуальной реальности горочной котловины в пределах ее реальной видимости;
- воспроизведение движения отцепов на основе математической модели, учитывающей различные погодные условия, массу, типы, количество и аэродинамические свойства вагонов и воздействие на них тормозных механизмов;
- генерация сортировочных листов на составы, подлежащие расформированию;
- имитация управления маршрутами движения отцепов на пути сортировочного парка;
- имитация нестандартных ситуаций, встречающихся в реальных условиях и не зависящих от действий операторов горочного комплекса.



Компьютерная модель внутреннего устройства и оборудования модуля «Природа» космической станции «Мир».



Компьютерная модель внешнего вида станции «Мир» в космосе.

Дальнейшее совершенствование ССВО связано с появлением высокоинтегрированной элементной базы, в том числе микропроцессоров общего назначения. В лаборатории синтезирующих систем визуализации (рук. Б.С. Долговесов) разрабатывается архитектура ССВО на основе цифровых сигнальных процессоров (DSP) и стандартных системных средств персональных компьютеров типа IBM PC для функций управления. Данная архитектура взята за основу при создании ССВО нового поколения «Ариус» (1996 г.). В качестве основного вычислительного ядра генератора изображений системы использовался DSP процессор TMS 320C80. Такое решение обеспечивало функциональную гибкость, высокую степень программируемости, надежность и компактность оборудования ССВО, что позволяло оптимально решать ряд функций. В частности, организацию многоканальности (до семи синхронных каналов визуализации в составе тренажера), имитацию изображений бортовых средств наблюдения (оптических с моделированием дисторсии, телевизионных), адаптивность канала изображения к имитации различных средств наблюдения. Модульная архитектура системы «Ариус» с программируемостью на всех уровнях обработки данных



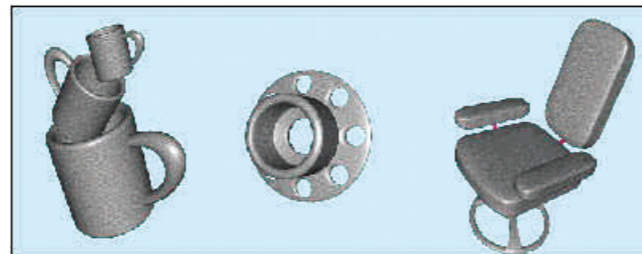
Общий вид ТГК. Панорамное изображение рабочей зоны оператора сформировано трехканальной компьютерной системой визуализации.



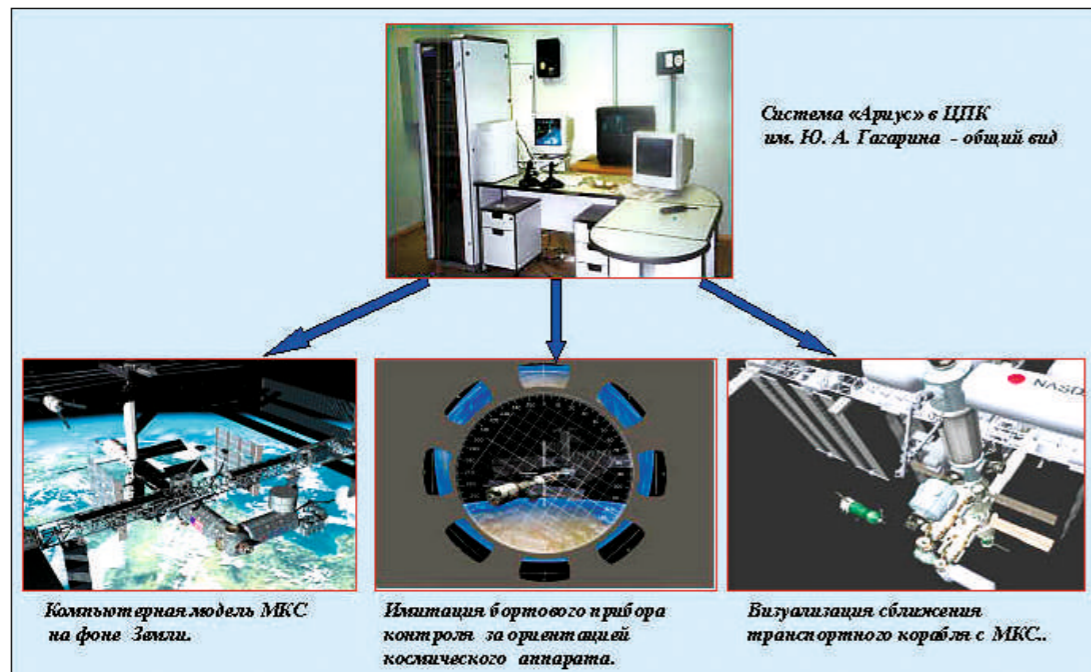
позволяет достаточно просто адаптировать ее для решения различных тренажерных задач, как при расширении функциональных возможностей в рамках одного тренажера, так и при функциональной переориентации тренажера.

Заложенные в системе «Ариус» алгоритмические и технологические решения позволяют без существенных затрат перейти к использованию в качестве генераторов изображений стандартных графических акселераторов, которые могут обеспечить высокое качество формируемого изображения и необходимую производительность. Так, в усовершенствованных моделях системы «Ариус» используется графический акселератор GeForce 3 фирмы NVIDIA. Для функционирования системы «Ариус» в тренажерном комплексе разработано специальное программное обеспечение. Для формирования визуальных трехмерных моделей разработаны программные средства, встраиваемые в стандартные пакеты моделирования трехмерных сцен (3D Studio rel4 либо 3D Studio MAX). С помощью этих программ были созданы компьютерные модели модулей МКС, используемые в системах визуализации тренажеров. На базе системы «Ариус» для ЦПК им. Ю. А. Гагарина и РКК «Энергия» им. С. П. Королева создан ряд систем визуализации, адаптированных под различные задачи специализированных тренажеров для подготовки космонавтов по программе космических станций «Мир» и МКС. В разработке и создании системы «Ариус» под руководством Б. С. Долговесова принимали участие С. Е. Чижик, Б. С. Мазурок, Н. Р. Каипов, С. И. Вяткин, Ю. Н. Маслобоев, П. Б. Гнесюк.

С 1995 г. в лаборатории синтезирующих систем визуализации проводятся исследования, связанные с разработкой альтернативных (без аппроксимации полигонами) методов задания и визуализации трехмерных объектов, ограниченных поверхностями свободных форм, включая протяженные ландшафтные поверхности (горный рельеф, водные поверхности и т.д.). При использовании традиционного представления поверхностей трехмерных объектов в полигональном виде (триангуляция) для визуализации в системах реального времени необходим компромисс между быстродействием обработки поверхности и качеством изображения, зависящих от числа аппроксимирующих полигонов. Однако полигональное представление поверхностей неэффективно при визуализации в реальном времени объектов, ограниченных сложными поверхностями свободных форм, ландшафтных поверхностей из-за большого числа аппроксимирующих полигонов для получения высокореалистичных изображений. С. И. Вяткин предложил и исследовал способы задания поверхностей свободных форм базовыми поверхностями с функциями возмущения (формозадающими функциями). В качестве базовых поверхностей использовались по-



Изображения объектов, заданных поверхностями второго порядка с функциями возмущения.



Система «Ариус» в ЦПК им. Ю. А. Гагарина - общий вид

Компьютерная модель МКС на фоне Земли.

Имитация бортового прибора контроля за ориентацией космического аппарата.

Визуализация сближения транспортного корабля с МКС.

верхности второго порядка, для функций возмущения - как поверхности второго порядка, так и скалярные функции нескольких переменных. Примеры полученных изображений показывают, что можно достичь хорошей гладкости поверхностей и компактного описания объектов, используя ограниченное число базовых и возмущающих функций. Для визуализации в реальном времени поверхностей, заданных свободными формами, разработан алгоритм растеризации, использующий метод многоуровневого отслеживания лучей (Ray Casting) и рекурсивный поиск в кубическом пространстве элементов объема - вокселей, участвующих в формировании изображения. Обобщение алгоритма на пирамидальные объемы при проективном преобразовании позволяет синтезировать перспективные изображения с учетом коррекции дисторсии. Моделирование показало, что данный алгоритм по качеству синтезируемых изображений сопоставим с методом трассировки лучей (Ray Tracing), но эффективнее по быстродействию. Предложенный алгоритм растеризации можно использовать и для визуализации объемных областей на основе 3D-данных различных процессов (томография, сейсмография, аналитические и экспериментальные научные исследования).

Проведены работы по использованию для объемной визуализации в реальном времени 3D-данных, как специализированного процессора VolumePro 1000, так и стандартных графических акселераторов (СГА) фирм NVIDIA и ATI. Сравнительный анализ функциональных возможностей систем на базе специализированного процессора VolumePro 1000 и СГА показал преимущества СГА, использование которых предпочтительней и с экономической точки зрения (стоимость СГА типа GeForce3, например, намного меньше, чем VolumePro 1000).

В последнее время для компьютерных трехмерных сцен все чаще употребляется термин «виртуальная реальность». Современ-

ные технологии виртуальной реальности (VR) обеспечивают высокореалистичное моделирование трехмерного пространства и поддерживают динамическое интерактивное взаимодействие в системе «пользователь - виртуальная среда» с эффектом «присутствия» в моделируемой среде. С развитием компьютерных изобразительных технологий и средств взаимодействия с компьютерными изображениями расширяется и сфера применения систем VR. В частности, в системах дистанционного образования для повышения эффективности образовательного процесса. Привлечение технологий VR ставит своей целью не только пространственное представление моделей и физических процессов, но и имитацию взаимодействия или контакта лектора с моделируемыми объектами при непосредственном «присутствии» его в виртуальной среде изучаемого материала. Эффект «присутствия» лектора - это фактор повышения интереса и усвояемости учебного материала. Реализация данного подхода возможна с использованием виртуальных студий (VS), которые появились на отечественном рынке. Виртуальная студия - это высокоинтегрированный мультимедийный комплекс реального времени на базе персонального компьютера, совмещающий виртуальные сцены (синтезированные компьютером) с изображением реального персонажа (лектора, актера, экскурсовода, телеведущего) во взаимодействии с виртуальными объектами. Так, например, лектор имеет возможность вращать объект перед собой, обходить его, объясняя различные особенности, включать/выключать различного рода анимационные фрагменты, менять трехмерные модели. В лаборатории проводятся исследования, направленные на практическое использование VS в обучении, созданы демонстрационные видеоматериалы взаимодействия лектора с компьютерными моделями изучаемых объектов при непосредственном его «присутствии» в кадре.



Построить сечение куба ABCDA₁B₁C₁D₁ плоскостью, проходящей через середины ребер A₁B₁ и A₁D₁ и вершину C.

Демонстрация построения заданного сечения геометрического тела в интерактивном режиме. В кадре ведущий инженер лаборатории А. Тарасовский.



Наглядная демонстрация МКС (слева) и ее стыковочного модуля (справа) на компьютерных трехмерных моделях (в кадре Б. Долговесов).



Лаборатория синтезирующих систем визуализации



Б. С. Мазурок



Р. И. Великохатный



А. И. Черепанов



С. И. Вяткин



А. М. Колесов



Ю. Н. Маслобоев



И. А. Николаева



А. Н. Тарасовский



С. Е. Чижик



А. Н. Корсаков



Б. С. Долговесов
(в центре)

Слева направо:
А. В. Павлов,
А. В. Рухлинский,
А. А. Гофман,
А. С. Тумашов,
В. Г. Ванданов,
Р. И. Великохатный,
А. И. Черепанов,
К. Ф. Обертышев,
Б. С. Мазурок.

Лаборатория программных систем машинной графики



И. А. Травина



А. А. Янтимиров



В. С. Бартош



К. Б. Ганенко



И. В. Белаго



А. С. Токарев



И. Г. Таранцев



Л. Е. Сафронова



С. А. Кузиковский



А. А. Помазанов



Е. В. Лукашева



М. М. Лаврентьев



Н. А. Ельков



Слева направо:
1 ряд:
С. А. Кузиковский,
Л. Е. Сафронова,
А. С. Токарев,
И. А. Травина,
Е. В. Лукашева.
2 ряд:
И. Г. Таранцев,
Д. Ю. Шишкин,
М. М. Лаврентьев,
В. С. Бартош.
3 ряд:
К. Б. Ганенко,
И. В. Белаго,
Н. А. Ельков,
А. А. Помазанов,
А. А. Янтимиров.