

ДОБАВЛЕНИЕ НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

А. А. Чекмарев

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Развитие вычислительной техники, систем программирования и технических средств отображения графической информации с числовым программным управлением привело к созданию средств автоматизированного конструирования, выполнения чертежей, генерации наглядных изображений — машинной графики. Принято считать [14], что машинная графика — это создание, хранение и обработка моделей объектов и их изображений с помощью ЭВМ.

В дисплеях, графопостроителях, печатающих устройствах — технических средствах отображения графической информации — мы имеем дело с двумерной графической информацией в виде проекций на плоскости. При этом используют как изученные в настоящем курсе параллельные аксонометрические и ортогональные проекции, так и центральные проекции (перспектива) с одним или двумя центрами проекций. Их математические описания используют для создания программ генерации изображений. При этом для создания реалистических изображений учитывают оптические законы прохождения, отражения и рассеяния света и передачи цвета. Параметры геометрической и физической информации в ЭВМ обрабатываются в основном методами вычислительной математики [13].

Развитие машинной графики позволило создать специализированные системы автоматизированного изготовления чертежей. В последние годы для этих целей стали широко использовать персональные ЭВМ (ПЭВМ). Они просты и удобны в пользовании, обеспечивают достаточную точность, необходимое качество чертежей и легкость внесения изменений [12].

При автоматизированном изготовлении чертежей конструктор создает «электронный» эквивалент чертежа, используя вместо карандаша и бумаги экран графического дисплея и устройство ввода. Подготовленный чертеж записывается на магнитный диск, а затем вычерчивается графопостроителем.

В двумерных графических системах плоские объекты описывают с помощью координат X и Y . В трехмерных системах допускается использование координат X , Y и Z , что позволяет записывать в памяти объемные изображения и воспроизводить их проекции на экране с различных направлений наблюдения.

Опыт показывает, что ПЭВМ с развитой системой машинной графики позволяют создать системы, которые целесообразно использовать для обучения основам начертательной геометрии. При этом имеется ряд новых возможностей, важных при обучении¹⁾:

а) построение одной проекции можно сопровождать автоматическим синхронным построением второй, третьей или второй и третьей проекций и аксонометрического изображения; можно быстро построить большое число изображений при изменении размеров элементарных пересекающихся поверхностей и исследовать выявляющиеся при этом закономерности;

¹⁾ Здесь и далее излагаются результаты работ на персональных компьютерах, выполненных в МИЭМ А. В. Верховским, М. Г. Вяткиным, А. В. Евсюковым, В. А. Кайминым при участии автора.

б) применение способа вспомогательных секущих плоскостей можно показывать на примерах построения линий пересечения любых математически определенных поверхностей с любым расположением в пространстве; при этом будут демонстрироваться различные виды кривых линий, получающихся в сечениях;

в) можно вызывать на экран фрагменты наглядного аксонометрического изображения для консультации, или «подсказки», или изображения сечения в интересующей области;

г) демонстрация кинематических способов образования поверхностей как на ортогональных проекциях, так и в аксонометрии с изменением размеров поверхности и демонстрация фрагментов технологических процессов формообразования поверхностей элементов деталей;

д) применение цвета для повышения наглядности изображений, в том числе для одновременного изображения различных слоев или сечений;

е) индивидуальное применение различных дидактических указаний на экране в процессе обучения, а также индивидуальный контроль хода освоения материала, учет ошибок и оценка результатов обучения;

ж) применение специальных упражнений игрового типа для развития пространственных представлений и активизации обучения.

Рассмотренные новые возможности при использовании средств машинной графики позволяют ожидать значительной интенсификации процесса обучения начертательной геометрии.

Некоторые из указанных новых возможностей рассмотрены ниже на практических примерах.

2. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И РАБОТА С НЕЙ

Компьютерная графическая система. Для выполнения графических работ, в том числе при изучении начертательной геометрии, используют системы с одним (рис. 497) или двумя дисплеями. Основными компонентами компьютерной графической системы являются: персональный компьютер (будут рассматриваться системы только на них), программное обеспечение автоматизированного выполнения графических изображений, устройство для ввода графической информации (например, клавиатура, планшет с указкой — «карандашом», кнопочное

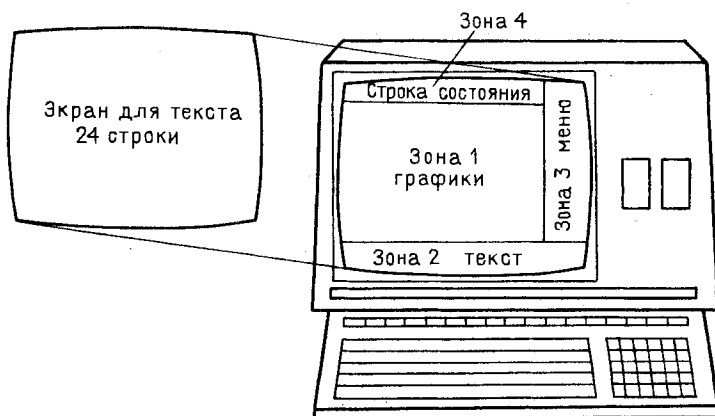


Рис. 497

устройство — «мышь», световое перо), растровый дисплей (монитор) для представления изображения на экране и графопостроитель для получения чертежа.

При работе с одним дисплеем он выполняет функции как алфавитно-цифрового (для команд), так и графического дисплея. На его экране можно выделить (см. рис. 497) четыре зоны, которые характерны для большинства пакетов автоматизированного выполнения графических изображений, хотя их расположение на экране может меняться. Самая большая зона 1 в центре экрана предназначена для вывода изображения чертежа. В нижней части расположе-

на зона 2 для текста из нескольких строк для вывода команд и информационных сообщений. Верхняя зона 4 в виде строки зарезервирована для отображения состояния. В этой строке указывают выбранные характеристики черчения, например режим вычерчивания ортогональных проекций (Ortho), координаты текущего положения перекрестия на чертеже и другие данные. Правую зону 2 отводят под меню.

Область меню может находиться как на экране, так и на таком устройстве для ввода графической информации, как планшет. Меню позволяет вводить команды и символы простым указанием желаемого пункта меню и нажатием кнопки на устройстве ввода. Преимущество меню на экране в том, что программа может изменять отображаемое меню по мере того, как пользователь делает выбор.

В любой компьютерной графической системе имеется редактор чертежей. Он позволяет выводить чертежи на дисплей и предоставляет команды для создания, изменения, просмотра и вычерчивания чертежей на графопостроителе. Чертежи создаются с использованием предыдущих чертежей или чертежных примитивов. Типичные чертежные примитивы — это прямые линии произвольной толщины, прямоугольники, окружности, эллипсы, дуги (части окружности), кривые, текст, элементарные объемные тела и фрагменты из других чертежей.

Редактор чертежей представляет также обширный набор команд редактирования, которые позволяют передвигать, копировать, повторять несколько раз, менять местами, зеркально отражать, частично или полностью стирать, поворачивать, а также растягивать или сжимать по вертикали и горизонтали произвольные объекты или группы объектов. Изображение (чертеж) можно перемещать в произвольном направлении. Кроме того, можно изменить размеры изображения, так что в чертеж можно вносить любые изменения.

В процессе разработки чертежа любая его часть может быть выведена на графопостроитель или матричное печатающее устройство.

Большинство программ автоматизированного выполнения чертежей позволяет создавать программы для обмена чертежами. Графические данные в таком виде можно легко распечатать или передать в качестве исходных данных каким-либо другим программам, например программе станков с числовым программным управлением.

Выполнение чертежа. Перед выполнением нового чертежа на экране графического дисплея имеется только перекрестие или в виде двух небольших отрезков, или составленное из горизонтальной и вертикальной линий и занимающее всю зону 1. При перемещении указателя («карандаша» по планшету или «мыши») перекрестие повторяет на графическом экране его движение. Можно также перемещать перекрестие с помощью клавиши управления курсором на клавиатуре ЭВМ. Точка пересечения линий, составляющих перекрестие, есть его текущая позиция. Координаты этой точки вводятся в программу при нажатии кнопки на указателе (или клавиши на клавиатуре).

Чертежные команды могут вводиться непосредственно с клавиатуры или путем указания нужного пункта меню. Пункт меню в этом случае на экране подсвечивается. Выбранная команда активизируется нажатием кнопки на указателе.

Если требуется точка, то ее можно задать многими способами (путем ввода с клавиатуры декартовых или полярных координат, а также нажатием кнопки на указателе планшета

или «мыши»). Простейший способ заключается в перемещении перекрестия в желаемое место экрана и вводе в ЭВМ координат перекрестия.

Для изображения отрезков прямых или окружностей вводят команды, например, LINE и CIRCLE, после чего указывают соответствующие точки.

Пример построенного с помощью персонального компьютера шестиугольника с эллипсом (или окружностью) внутри приведен на рис. 498. В учебных целях для освоения работы на компьютере ввод данных осуществляется в следующем порядке. Указывают длину и высоту описанного прямоугольника, углы наклона левой стороны и правой нижней стороны к оси абсцисс, величину катета треугольника, гипотенуза которого — верхняя правая наклон-

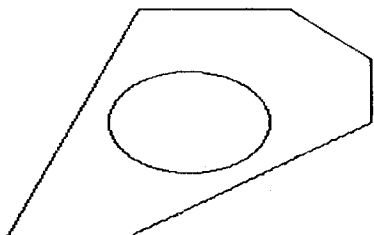


Рис. 498

ных осуществляется в следующем порядке. Указывают длину и высоту описанного прямоугольника, углы наклона левой стороны и правой нижней стороны к оси абсцисс, величину катета треугольника, гипотенуза которого — верхняя правая наклон-

ная сторона, абсциссу и ординату центра окружности (эллипса), радиус окружности и коэффициент сжатия ее для построения эллипса (для окружности он равен единице).

На рис. 498, выполненном на печатающем устройстве, видны существенные условности в изображении линий из-за недостаточной разрешающей способности. Левая наклонная линия изображена как ступенчатая из отдельных отрезков. Заметны уступы на правой нижней наклонной линии. Заметны ступенчатость и большие горизонтальные отрезки вверху и внизу на изображении эллипса.

Синхронное построение нескольких проекций. Одновременное построение изображений на нескольких проекциях – принципиально новая возможность, создаваемая машинной графикой. Сущность такого синхронного построения показана на рис. 499, последовательность его условно обозначена цифрами в кружках. В программе-редакторе устанавливается

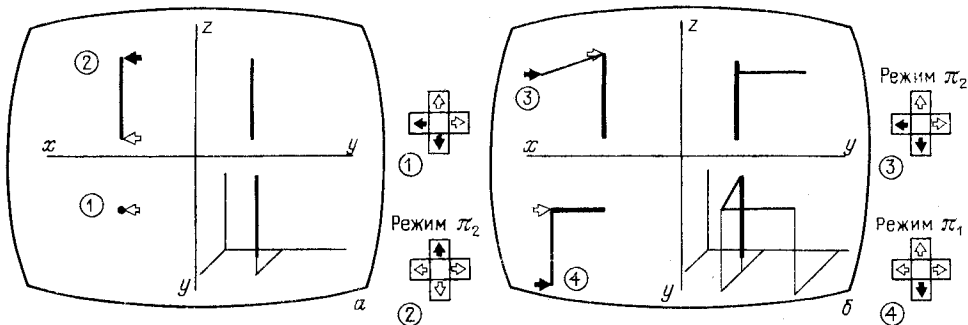


Рис. 499

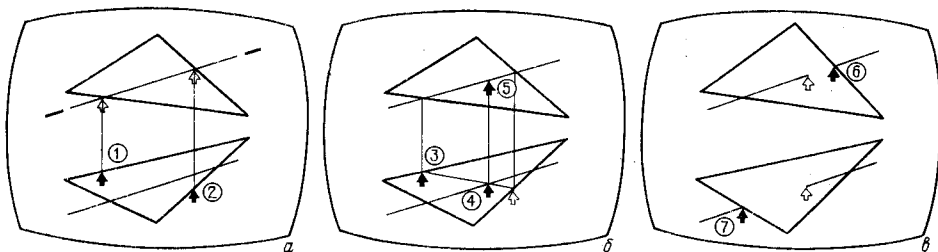


Рис. 500

особый режим – режим π_1 , π_2 или π_3 . При таком режиме построения выполняют в одной из плоскостей частного положения, параллельной соответствующей плоскости проекции. В этом случае построение изображения пользователем на одной из проекций автоматически сопровождается практически синхронным построением проекции изображения на остальных плоскостях проекции. На рис. 499, а построено исходное положение начальной точки и введен режим π_2 . В этом режиме с помощью курсора построены фронтальные проекции вертикального отрезка и автоматически – его профильная проекция и аксонометрия, затем на рис. 499, б – наклонного отрезка и автоматически – его горизонтальная проекция и аксонометрия. Введен режим π_1 и построена горизонтальная проекция отрезка, перпендикулярного плоскости π_2 , и автоматически – его профильная проекция и аксонометрия. На рисунках текущие построения показаны тонкими линиями, ранее выполненные – толстыми. Эти графические отличия могут быть и запрограммированы.

Примеры решения некоторых задач на компьютерной графической системе. Пример 1. Решение традиционной задачи начертательной геометрии – построение чертежа пересекающихся между собой прямой и плоскости – рассмотрено на рис. 500. Операции 1 и 2 на рис. 500, а указывают проекции точек пересечения вспомогательной фронтально-проецирующей плоскости, включающей прямую, со сторонами заданного треугольника. Операция 3 (рис. 500, б) – построение проекции линии пересечения вспомогательной плоскости и плоскости треугольника. Операция 4 – указание найденной горизонтальной проекции точки пересечения прямой

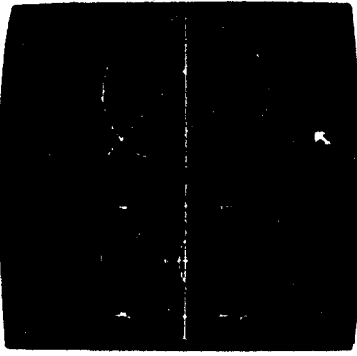


Рис. 501

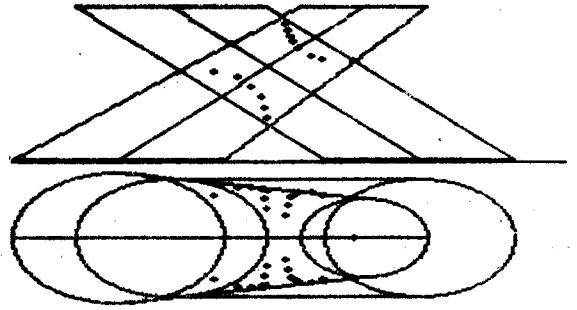


Рис. 502

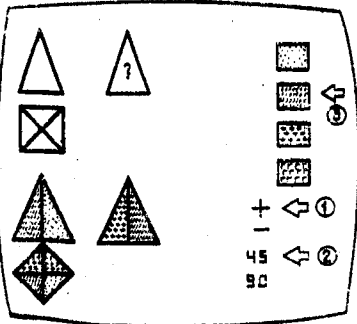


Рис. 503

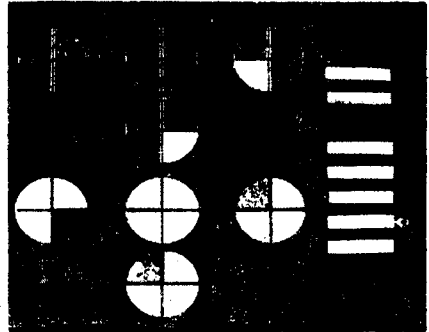


Рис. 504

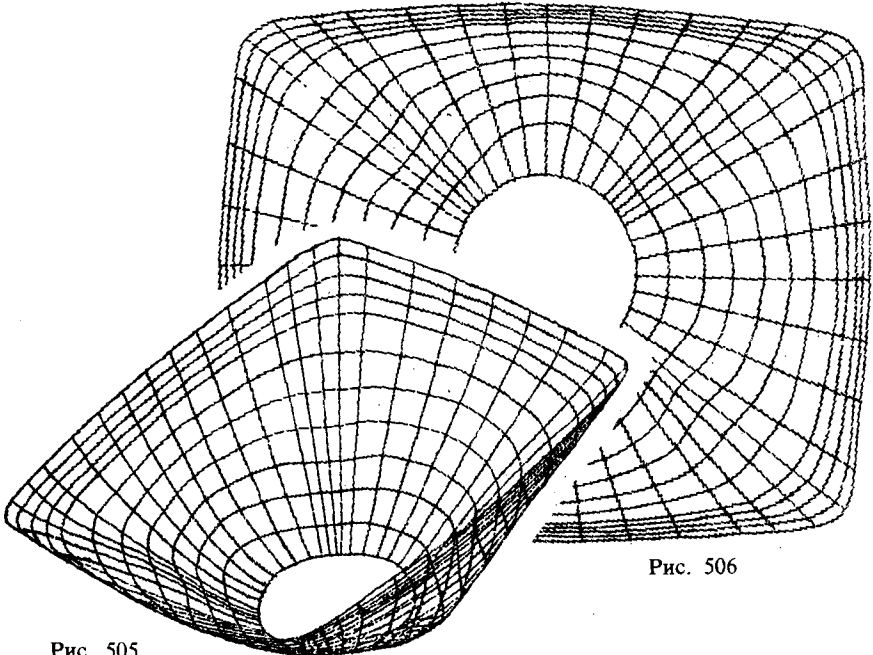


Рис. 505

Рис. 506

и плоскости. Операция 5 — построение недостающей фронтальной проекции этой точки (рис. 500, в). Удаление невидимых участков прямой линии после мысленного анализа видимости, например прямой и наибольшей стороны треугольника, выполнено операциями 6 и 7. Следует заметить, что для автоматического удаления невидимых линий имеется более десяти машинных алгоритмов, требующих большого объема вычислений (см., например, главу 15 [1]).

Пример 2. Построение линии пересечения кривых поверхностей. Для построения линии пересечения криволинейных поверхностей на компьютерной графической системе в качестве универсального приема целесообразно использовать построение с помощью вспомогательных секущих плоскостей, параллельных одной из плоскостей проекций.

В этом случае с помощью движения курсора параллельно оси X отмечают на экране одну из проекций линий пересечения вспомогательной плоскости и заданных поверхностей. По этим данным вычисляются координаты, автоматически строится вторая проекция отмеченных линий и отмечаются точки их пересечения. Повторив эти построения необходимое число раз, находят искомую линию.

Этот прием можно применить для построения линии пересечения сферических, цилиндрических и конических поверхностей. Работа обеспечивается специально разработанной программой.

В качестве примера на рис. 501 приведены условия конкретной задачи, сфотографированные с экрана. На рис. 502 приведен автоматически отпечатанный на пишущей машинке чертеж другой решенной задачи. Такие чертежи могут печататься в ходе учебного процесса по мере решения задач. После минимальной ручной доработки они могут приниматься как и обычные чертежи.

Следует заметить, что автоматически построенные линии пересечения вспомогательной плоскости и заданных поверхностей находятся на экране лишь несколько секунд для осмысливания результата построения. Затем они стираются и остаются лишь построенные точки и проекции заданных фигур. Предусмотрено проведение до 25 вспомогательных плоскостей.

Игровые упражнения для развития пространственных представлений. Многоцветные изображения на дисплее позволяют создавать разнообразные упражнения игрового типа для развития пространственных представлений, от простых до достаточно сложных. При этом обучающийся активно работает, а быстрота и правильность его действий контролируется и оценивается. В качестве примера таких упражнений на рис. 503 приведена задача с поворотами пирамиды. В нижней половине экрана приведена пирамида с окрашенными, каждая в свой цвет, гранями (отмечены условными значками). Справа сверху — образцы цветов.

Условия задачи: 1) повернуть пирамиду по часовой (+) или против часовой (–) стрелки вокруг вертикальной оси на любой угол, кратный 45° или 90° (одним или несколькими нажатиями на клавишу), 2) закрасить грани пирамиды в верхней части экрана после поворота (очередность закраски устанавливается вопросительным знаком на проекции грани).

Ответ на вопрос о цвете грани дается курсором (положение 3).

На рис. 504 приведена фотография с экрана такой задачи для сферы (к сожалению, не цветная по условиям данного издания). На сфере 8 окрашенных, каждый в свой цвет, октантов. Ее можно вращать вокруг трех осей. Задача оказывается не из легких, даже для опытных людей. По этому принципу могут быть подготовлены самые разнообразные задачи, в том числе и для оценки знаний на зачете или экзамене.

Примеры чертежей сложных пространственных поверхностей, задаваемых точечным каркасом и выполненных на компьютерной графической системе, приведены на рис. 505 и 506. На рис. 505 изображена аксонометрическая проекция каркаса сечений части баллона цветного кинескопа со стороны электронно-оптической системы, называемой в производстве «конус». Сечения расположены в плоскостях, проходящих через ось кинескопа и перпендикулярных к ней. Линии каркаса в секущих плоскостях проходят через точки на поверхности, координаты которых заданы. На чертеже они — в узлах каркаса. На рис. 506 — чертеж сечений плоскостями, перпендикулярными оси кинескопа.

Приведенные материалы, разумеется, дают лишь предварительное представление о больших возможностях интенсификации процесса обучения начертательной геометрии с использованием компьютерных графических систем.