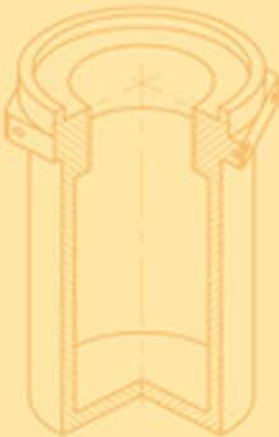
А. Л. Хейфец

Инженерная компьютерная графика AutoCAD

- *Технология построения плоского чертежа*
- *3D-технология построения машиностроительного чертежа*
- *Твердотельное моделирование*
- *Архитектурные проекты*
- *Фотореалистичная визуализация*
- *Сетевые поверхности*
- *Программирование*



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

bhv

А. Л. Хейфец

Инженерная компьютерная графика AutoCAD

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по машиностроительным и архитектурно-строительным специальностям

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2005

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973.26-018.2я73
Х35

Хейфец А. Л.

Х35 Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 336 с.: ил.

ISBN 5-94157-591-2

Рассмотрены примеры применения пакета AutoCAD, включая начальные сведения, выполнение чертежей, разработку пространственных моделей машиностроительных и архитектурных объектов, методы визуализации. Основное внимание уделено 3D-технологии проектирования.

Материалы составляют основу учебного курса компьютерной графики, разработанного автором, и отражают опыт преподавания этого курса студентам университетов с 1991 г. Примеры адаптированы к версии пакета AutoCAD 2005.

Для студентов, аспирантов и специалистов инженерных, архитектурных и строительных специальностей

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973.26-018.2я73

Группа подготовки издания:

Главный редактор	*Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора	*Игорь Рыбинский*
Зав. редакцией	*Григорий Добин*
Редактор	*Андрей Смышляев*
Компьютерная верстка	*Натальи Смирновой*
Корректор	*Наталия Першакова*
Дизайн обложки	*Игоря Цырульникова*
Зав. производством	*Николай Тверских*

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 29.03.05.
Формат 70×100 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,09.
Тираж 3000 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 194354, Санкт-Петербург, ул. Есенина, 5Б.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.02.953.Д.006421.11.04 от 11.11.2004 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 5-94157-591-2

© Хейфец А. Л., 2005
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2005

Оглавление

Введение **1**

Как работать с данным пособием 3

Глава 1. Первый рисунок **5**

1.1. Начало работы 5
Загрузка пакета 5
Графическое и текстовое окно пакета 6
Переход в пространство модели 7
1.2. Отрезок прямой линии 8
1.3. Панели инструментов 10
Выбор и замена панелей 10
Вызов команд указанием кнопок панели 10
Перемещение и удаление панелей 11
1.4. Диалог пользователя с AutoCAD 11
1.5. Соглашение по записи действий 12
Вариант 1 12
Вариант 2 13
Указание мышью 13
Локализованные версии пакета 13
1.6. Справки по командам 14
Работа со справочной системой в режиме учебника 14
Помощь в прозрачном режиме 15
1.7. Режимы построений — ORTHO, Шаг, Сетка 17
Настройка режимов 18
1.8. Цвет 19
1.9. Удаление примитивов. Выбор объектов 20
1.10. Отмена результата выполнения команд 22
1.11. Команды построения объектов 22
1.12. Редактирование геометрии объектов 23
1.13. Редактирование свойств объектов 24
Присвоение свойств одного объекта другим 25
1.14. Корректировка размеров изображения 25
1.15. Панорамирование 26
1.16. Узоры 26
Абстракция 27
Кружево 27
1.17. Выход из пакета с сохранением рисунка 30

Глава 2. Подготовка к построению чертежа 31

2.1. Построения по координатам 31
Отображение координат курсора 31
Ввод координат с клавиатуры.
Еще раз о работе со справочной системой 32
2.2. Толщина линии 34
2.3. Редактирование "ручками" 35
2.4. Объектная привязка и геометрические построения 35
2.5. Пользовательская система координат (ПСК) 38
Управление пиктограммой осей 40
2.6. Плоский контур 40
2.7. Промежуточное сохранение рисунка 43
2.8. Размеры 43
Линейные размеры. Ассоциативность размеров 44
Настройка размерных параметров 44
Диаметр и радиус окружности. Маркер центра 45
Редактирование размеров 46
2.9. Текст 47
Настройка гарнитуры шрифта 47
Выполнение надписей 48
2.10. Штриховка 48
2.11. Тип линии 50
Загрузка и установка новых типов линий 50
Редактирование прерывистых линий 50
2.12. Слои 51
Создание нового слоя 51
Свойства слоев 51
Зависимые и независимые от слоя свойства объектов 52
2.13. Список свойств объекта 52
2.14. Сложные линии 53
Полилиния 53
Мультилиния 54
Сплайны 54
Области 55
2.15. Некоторые настройки пакета 56
Цвет экрана 56
Другие настройки, выполняемые командой *OPTIONS* 57
Дополнительные кнопки панелей инструментов 57

Глава 3. Чертеж детали. 2D-технология 59

3.1. Преимущества компьютерной технологии 59
3.2. Подготовительный этап 60
Анализ формы детали 60
Варианты построения чертежа 61
Задание шага, сетки, лимитов 62
Задание слоев 64

3.3. Построение изображений ... 65
Построение осей ... 66
Вид сверху ... 66
Вид спереди. Режим объектного слежения ... 67
Выносной элемент ... 67
3.4. Форматирование и компоновка ... 69
Выбор формата ... 69
Вставка рамки и основной надписи ... 70
Масштабирование изображений и компоновка чертежа ... 70
3.5. Завершение построений ... 71
Штриховка ... 71
Задание и корректировка толщины линии контура ... 72
Изображение резьбы ... 72
Выполнение надписей ... 72
Оформление прерывистых линий ... 73
3.6. Простановка размеров ... 73
Правила нанесения размеров ... 73
Общие рекомендации по простановке размеров ... 73
Создание нового размерного стиля ... 74
Настройка размерного линейного масштаба ... 75
Размеры с односторонней стрелкой ... 75
3.7. Знак шероховатости. Блок с атрибутом ... 76
3.8. Вывод чертежа на печать ... 78
Отображение чертежа из пространства модели на лист ... 78
Печать чертежа ... 79

Глава 4. Набор средств трехмерной графики ... 83

4.1. Среда для пространственных построений ... 83
Настройка пространства модели ... 84
Настройка пространства листа ... 85
4.2. Трехмерные объекты ... 87
4.3. Удаление невидимых линий и закраска объектов ... 88
Команда *HIDE* ... 88
Команда *SHADEMODE* ... 89
4.4. Задание пространственной точки зрения ... 90
Диалоговое окно настройки точки зрения ... 90
Динамический режим выбора точки зрения ... 91
4.5. Объектная привязка в пространстве ... 93
4.6. Пользовательская система координат в трехмерных построениях ... 94
Пиктограммы осей ... 95
Особенности работы с ПСК при наличии нескольких видовых окон ... 97
Примеры применения ПСК и объектной привязки ... 98
4.7. Редактирование трехмерных объектов ... 101
4.8. Задачи для самоконтроля ... 103

Глава 5. Трехмерные построения 107

5.1. Композиция "Камни".....107
5.2. Предварительные настройки.....108
5.3. Начало построения камней.....109
5.4. Проверка правильности построений.....112
5.5. Сохранение вида и ПСК.....113
5.6. Построение третьего камня.....114
5.7. Размеры и авторский знак.....119
5.8. Метрическая задача.....120
Проецирование точки и отрезка на плоскость.....122
5.9. Варианты композиции "Камни".....123

Глава 6. Видовые окна. Композиция и презентация 125

6.1. Пространство модели и пространство листа.....126
6.2. Настройка листа.....128
Переход на лист. Создание закладки.....128
Настройки параметров листа.....129
Отображение страницы печати.....130
6.3. Создание и настройка видовых окон.....132
Окна произвольной формы.....132
6.4. Приемы работы с видовыми окнами.....133
Переход в пространство модели через видовое окно и обратно.....133
Редактирование формы, свойств и положения окон.....134
Отображение окна во весь экран.....135
Настройка в окне требуемой точки зрения и ПСК.....135
Избирательное замораживание слоев в видовом окне.....135
6.5. Масштаб отображения видового окна.....137
Блокировка видового окна.....138
6.6. Проекционная связь между видовыми окнами.....139
6.7. Надписи и размеры на листе.....140
6.8. Завершение композиции. Вывод на печать.....141
Фиксирование режима визуализации.....142
6.9. Презентация.....143

Глава 7. Фотореалистичная визуализация. Свет и тени.....145

7.1. Общие настройки.....145
7.2. Режимы визуализации.....146
7.3. Качество визуализации контура и ребер.....148
7.4. Источники света. Схема освещения.....149
7.5. Дистанционный источник света. Тени.....150
Теневой источник света.....150
Режимы построения тени.....152
Бестеневые источники света.....152
7.6. Корректировка источников света.....152
Корректировка свойств источников.....153
Тень с размытыми границами.....153

7.7. Точечный источник света. Сцена 154
Сцена 155
7.8. Прожектор 156
7.9. Фоновое освещение и цвет света 158

Глава 8. Материалы фотореалистичной визуализации 159

8.1. Присвоение материалов 159
Материалы из библиотеки 159
Присвоение материала объекту 160
Присвоение разных материалов одному объекту 160
Отображение материалов, освещения и фона в режиме закраски *SHADE* 161
8.2. Окно визуализации 161
8.3. Параметры растрового изображения 163
8.4. Однородные материалы 164
Параметры однородного материала 164
Плоское и кривое зеркало 166
8.5. Создание текстурированного материала 167
Загрузка текстуры в материал 168
Корректировка текстуры в свойствах материала 169
Координация объекта. Проецирование текстуры 172
8.6. Примеры текстурированных материалов 174
Исследование свойств текстурированных материалов 175
Размещение рисунка плиткой на одной грани 177
Рисунок на фоне основного цвета граней 178
Роль левого верхнего пиксела 178
Рисунок на передней грани куба 179
Рисунок на передней грани с поворотом и сжатием 179
Материал с рельефностью и рисунком передней грани 179
Неоднородная прозрачность материала 181
Различная текстура на гранях 181
Материалы для композиции 182
Параметрические материалы 184
8.7. Фон и ландшафт 184
Задание фона 184
Задание объектов ландшафта 185
Редактирование объектов ландшафта 186
8.8. Туман 186
8.9. Просмотр, сохранение и вставка растровых изображений 188
Просмотр растровых изображений 188
Просмотр текстур AutoCAD 189
Сохранение растрового изображения 189
Сохранение изображения видового окна 190
Вставка и корректировка растрового изображения 191

Глава 9. Пространственные модели типа solids 193

9.1. Объединение и вычитание объектов 194
9.2. Выдавливание и пересечение элементов. Гайка 196
9.3. Сечение и разрез 198
9.4. Редактирование граней 200
Перемещение и поворот граней 200
Редактирование цвета граней 201
Копирование граней и развертка многогранника 202
Звезда 203
9.5. Карниз 204
9.6. Рифовый узел 206
9.7. Оболочки 208
Сферическая оболочка 208
"Веселенькая" оболочка 210
Деталь тонколистовой штамповки 210
9.8. Архитектурный составной свод 212
Свод вращения 213
Свод перемещения 214
Рекомендации по наглядной визуализации сводов 219
9.9. "Невозможные" фигуры 219
9.10. Модель корпусной детали 221
Объемная модель ступенчатого разреза 224
9.11. Определение характеристик объекта 225

Глава 10. 3D-технология построения чертежа 227

10.1. Построение проекций командой *SOLPROF* 229
10.2. Команды *SOLVIEW* и *SOLDRAW*. Построение видов 230
Исходное видовое окно 231
Вид в плане ПСК 232
Ортогональные виды 233
10.3. Простые разрезы 234
10.4. Наклонное сечение. Дополнительный вид. Аксонометрия 235
10.5. Совмещенные изображения 239
10.6. Сложные разрезы 240
Ступенчатый разрез 240
Ломаный разрез 241
10.7. Завершение 3D-чертежа 243
Вынос проекций на лист 244
Компоновка чертежа 245
Простановка размеров и штриховка 245

Глава 11. Перспектива. Блоки 247

11.1. Модель проспекта (начало) 248
11.2. Создание и свойства блоков 249

11.3. Проспект (завершение) ... 251
11.4. Основы построения перспективы ... 254
Разметка перспективы ... 255
Команда *DVIEW* ... 256
Команда *3DORBIT* ... 259
Некоторые свойства перспективы ... 260
Перспектива на наклонной плоскости ... 262
Взгляд сверху ... 262
Взгляд снизу-вверх ... 263
11.5. Обзорная перспектива ... 263
11.6. Определение параметров перспективы ... 266
11.7. Перспектива с заданными параметрами ... 267
Перспектива при минимальных искажениях ... 268
11.8. Композиции видовых окон ... 270
11.9. Корректировка модели ... 272
Вставка объектов из других файлов ... 274
11.10. Фотореалистичная визуализация проспекта ... 274

Глава 12. Сетевые объекты ... 277

12.1. Косая плоскость ... 278
12.2. Поверхности вращения и сдвига ... 279
Часовенка ... 280
Сфера Эшера ... 284
12.3. Поверхность соединения ... 286
Откос ... 286
Геликоид ... 287
12.4. Поверхность, заданная краями ... 289
12.5. Моделирование рельефа. "Курорт в горах" ... 291
12.6. Сечение сетевых поверхностей плоскостью ... 297
12.7. Визуализация функции двух переменных ... 300
Отладка и тестирование программы ... 302
12.8. Обрезка сетей ... 309

Литература ... 311

Предметный указатель ... 312

Введение

Инженерная компьютерная графика рассматривает построение графических моделей инженерной сферы деятельности, таких как чертежи, пространственные модели, наглядные изображения, схемы и т. д., используя современные компьютерные технологии.

Предлагаемое учебное пособие обобщает курс инженерной компьютерной графики, созданный автором на кафедре графики Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ). Особенность курса состоит в его практической направленности, ориентации на прогрессивную трехмерную технологию проектирования, в опоре на пакет AutoCAD. Основное внимание уделено примерам, вытекающим из многолетнего опыта преподавания курса.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений. Оно позволяет освоить курс компьютерной графики и выполнить предусмотренные в нем задания. Полученные знания курса дают возможность студентам на современном уровне выполнять графическую часть заданий по различным учебным дисциплинам (детали машин, теоретическая механика, архитектурное проектирование и др.) в течение всего периода обучения, а также дипломного проекта.

Учебное пособие позволяет быстро, за один семестр, освоить пакет AutoCAD — наиболее распространенный на мировом и российском рынке пакет САПР (систем автоматизированного проектирования) в объеме до 50% его возможностей. Пособие является базовым, т. е. раскрывает основы применения компьютерной графики в инженерной деятельности. Материалы для дальнейшего изучения пакета AutoCAD и детальная проработка отдельных направлений могут быть найдены в работах [5...8].

Минимально необходимая подготовка студента предусматривает знакомство с азами информатики. Необходимое программное обеспечение — пакет AutoCAD 2004 или AutoCAD 2005.

В *главах 1—3* рассмотрена классическая 2D-технология (двумерная) построения чертежа, по которой проектирование ведется посредством создания проекций — плоских отображений объекта (эпюр Монжа). Здесь AutoCAD играет роль электронного кульмана, автоматизирующего графическую часть работы (линии, стрелочки, шрифт).

В *главах 4—6* излагаются основы трехмерной графики пакета AutoCAD, позволяющей создавать пространственные модели объектов, приводятся мето-

ды построения и визуализации объектов, создания композиций для презентации проектов.

Главы 7, 8 показывают, как средствами пакета AutoCAD получить фотореалистичные изображения проектируемых объектов. Вы узнаете, как присвоить объектам материал из прилагаемой библиотеки или создать свой, оригинальный материал, задать освещение и "включить" тени, установить "романтичный фон и легкий туман".

В *главах 9, 10* приведены основы новой технологии проектирования, так называемой 3D-технологии (трехмерная). Конструктору требуется создать пространственную модель объекта. Модель существует в виртуальном пространстве. Ее можно осмотреть со всех сторон и отредактировать форму. После того как модель создана, AutoCAD сам построит проекции модели, ее разрезы и сечения, необходимые для чертежа (и никаких проблем с начертательной геометрией!). Эта прогрессивная технология "захватывает" все сферы проектирования. В *главе 9* показаны примеры построения пространственных объектов (solids, твердотельных) от простейших кубиков к моделям архитектурных объектов и машиностроительных деталей и, далее, к "невозможным" фигурам. В *главе 10* показано, как по пространственной модели почти автоматически получить ее чертеж.

В *главе 11* показано построение перспективы современного проспекта.

В *главе 12* — применение сетевых объектов для построения моделей архитектурных объектов сложной формы, горного рельефа ("курорт в горах"). Показано, как по уравнению поверхности получить ее наглядное отображение, изучить поверхность и ощутить красоту математических формул. Эти главы ориентированы, в основном, на архитекторов. Однако мы считаем, что приведенные примеры будут интересны всем. Ведь каждый из нас в душе немного архитектор. Повторив примеры, вы, возможно, в большей мере осознаете свои творческие возможности.

За последние годы рынок программных продуктов существенно пополнился разработками для инженерной компьютерной графики. Это новые версии известных пакетов AutoCAD, Mechanical Desktop, Inventor, Solidworks, Компас 3D, ArchiCAD, Architectural Desktop и др. Как сориентироваться в этом многообразии? С чего начать?

Автор уверен, что начинать освоение компьютерной графики будущим инженерам и архитекторам нужно с пакета AutoCAD.

Аббревиатура AutoCAD расшифровывается как Automated Computer Aided Drafting and Design (Автоматизированное компьютерное черчение и проектирование). AutoCAD — продукт фирмы Autodesk, является универсальным базовым пакетом, содержащим практически все основы, которые заложены в специализированных пакетах САПР более высокого уровня. Для многих из них AutoCAD является базовой средой (несколько упрощенно можно

сказать, что в таких пакетах загружается AutoCAD и, сверх того, дополнительные специализированные приложения).

Широта возможностей AutoCAD позволяет применять его как инструментальную базу при обучении широкому спектру учебных дисциплин. Так, автор применяет AutoCAD в курсе основ геометрического моделирования (как альтернативе курса начертательной геометрии), в курсе черчения, в курсе компьютерной графики и информатики. Поскольку AutoCAD имеет свой язык программирования Auto LISP, то на его основе читается курс программирования и основ разработки САПР. Поскольку AutoCAD позволяет успешно работать со светом, материалами и создавать интересные композиции видовых окон, автор включает этот пакет и в курс технического дизайна.

Широта возможностей, распространенность и открытость AutoCAD делают его предпочтительным программным продуктом для кафедр графики высших учебных заведений. AutoCAD позволяет успешно решать актуальную задачу, стоящую перед кафедрами графики, по адаптации базовых графических дисциплин: начертательной геометрии и инженерной графики — к современным 3D-технологиям моделирования пространственных объектов и построения чертежа.

Сегодня AutoCAD — это "букварь" в компьютерно-графической подготовке современного специалиста. Студенты, овладевшие пакетом AutoCAD, легко переключаются на другие программные продукты, когда такая необходимость возникает. Архитекторы переходят в 3D Studio MAX, ArchiCAD, Architectural Desktop. Механики — в Mechanical Desktop, Inventor, Solidworks, Компас 3D. Немаловажно и то, что AutoCAD имеет мировое распространение (т. е., зная AutoCAD, можно смело и уверенно ехать на стажировку или работу в западные фирмы).

Автор наблюдал, что зачастую применение других пакетов определяется не столько их преимуществами, сколько незнанием возможностей пакета AutoCAD и его приложений.

В четвертом издании учтены пожелания, возникшие за годы работы с предыдущими изданиями, внесены коррективы, связанные с выходом новых версий пакета AutoCAD, и дополнения в объеме 20—30%.

Как работать с данным пособием

Во-первых, нужно терпеливо повторить приведенные примеры и упражнения *глав 1—4*. Они раскрывают принципы работы в пакете AutoCAD, поясняют основные команды пакета и построение его интерфейса. Без этого невозможно выполнить последующие примеры и задания.

Во-вторых, необходимо научиться пользоваться справочной службой пакета. В ней подробно изложено содержание каждой команды и даны фирменные примеры их применения. Запомните правило: если что-то неясно по применяемой команде, нажмите клавишу <F1>, и на экран будут выведены необходимые пояснения. Правда, они на английском языке, но как сейчас без него. Кроме того, в справочной службе много иллюстраций, которых может быть вполне достаточно. В целом, это большой учебник и подробный справочник.

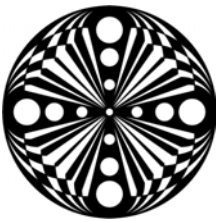
В-третьих, для выполнения контрольных заданий найдите в пособии соответствующие им примеры. Рекомендуем повторить эти примеры, тем более что они даны весьма подробно. Если же вы достаточно продвинутый пользователь, то сразу начните выполнять свое задание по аналогии с приведенным в пособии примером.

В-четвертых, в связи с популярностью пакета AutoCAD по нему имеется и постоянно издается много литературы. Как правило, это изложение на русском языке справочной службы пакета (вспомните о клавише <F1> — она успешно заменит многие книги), но, тем не менее, на начальном этапе освоения пакета, особенно, если есть проблемы с английским, рекомендуем приобрести одну из таких книг. Приобретая, обратите внимание на то, какой версии пакета соответствует книга. Версии пакета обновляются ежегодно.

И последнее. Если AutoCAD вас заинтересовал, то найдите в Интернете посвященные ему сайты, например, **http://www.cadmaster.ru**, **http://www.autocad.ru**, **http://www.dwg.ru**, **http://www.cad.dp.ua**. Поучаствуйте в конференциях по AutoCAD — там собираются интересные и увлеченные люди, большинство из них — ваши сверстники. Можно найти ответы на многие вопросы, узнать новинки. Приобщайтесь!

С автором можно связаться по адресу: **heifets@yandex.ru**.

Глава 1



Первый рисунок

В этой главе приведены начальные сведения об интерфейсе пакета AutoCAD, командах создания и редактирования объектов, управления изображением на экране. При повторении упражнений требуется не столько запомнить эти команды, сколько понять методы работы с ними.

1.1. Начало работы

Считаем, что на вашем компьютере установлен пакет AutoCAD 2004 или AutoCAD 2005. Начнем его изучение.

Загрузка пакета

Найдите на экране (на "рабочем столе") ярлык пакета (рис. 1.1, *а*, *б*) и активизируйте его.

Если в конце загрузки открылось диалоговое окно **Startup** (Стартовое) (рис. 1.1, *в*), то задайте в нем режимы **Start from Scratch** (Начать новый рисунок на пустом месте) и **Metric** (Метрические единицы). Для этого активизируйте кнопки окна, отмеченные стрелками. Для активизации какой-либо кнопки диалогового окна нужно подвести к ней курсор мыши и щелкнуть левой кнопкой мыши. Затем щелкните на кнопке **OK**. Если загрузка произошла без стартового окна, то устанавливается некоторый режим с настройками по умолчанию, которые позднее можно уточнить.

Условие появления стартового окна **Startup** определяется настройкой пакета (*см. разд. 2.15*). Стартовое окно позволяет назначить различные режимы начала работы. Первый режим — открытие ранее созданного рисунка для его просмотра или доработки (редактирования). Второй — создание нового рисунка без предварительных настроек, этот режим рассмотрен выше. Третий — создание нового рисунка на основе прототипа, т. е. ранее созданного файла-заготовки, содержащего предварительные настройки.

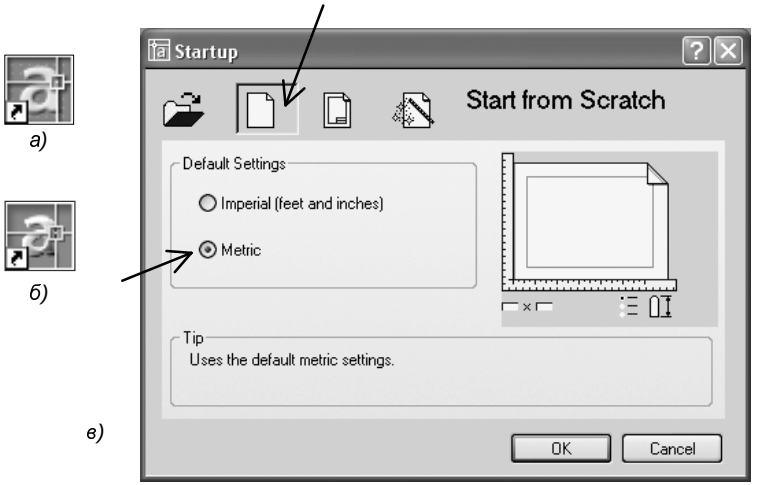


Рис. 1.1. Ярлыки пакета AutoCAD 2004 (*а*), AutoCAD 2005 (*б*) и стартовое окно в режиме создания нового рисунка (*в*)

Итогом загрузки является появление на экране окна графического редактора пакета AutoCAD.

Графическое и текстовое окно пакета

Окно AutoCAD имеет два варианта отображения — графическое и текстовое.

Основную часть *графического* окна (рис. 1.2) занимает зона рисования 1, в которой находится перекрестие курсора мыши. В других зонах расположены строка закладок 2, окно команд 3, нижняя строка которого называется *командной* (в эту строку пользователь с клавиатуры вводит команды, а система выводит сообщения), строка состояния или статусная строка 4, содержащая кнопки управления режимом построений и отображающая координаты курсора, панели инструментов 5, а также строка главного (выпадающего) меню 6.

В режиме *текстового* окна отображаются протокол (журнал) работы в текущем сеансе и сообщения системы. Командная строка отображает нижние строчки текстового окна. Текстовое окно вызывается нажатием клавиши <F2>, повторное ее нажатие закрывает это окно. В ряде случаев, когда системе нужно вывести для вас большое сообщение, текстовое окно может открыться автоматически.

❐ Несколько раз нажмите клавишу <F2>, открывая и закрывая текстовое окно[1].

[1] Здесь знак ❐ служит приглашением к действию.

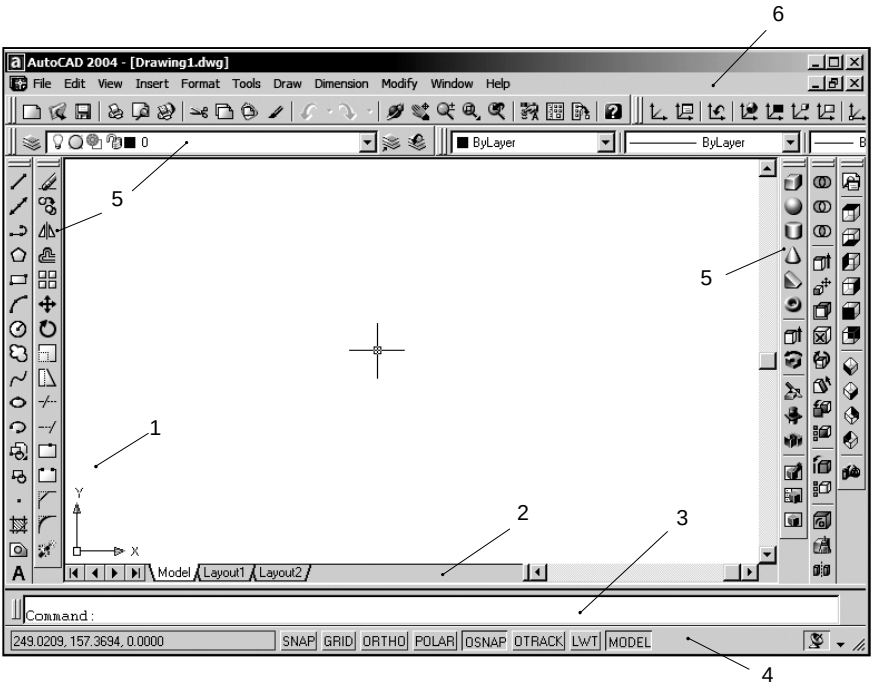


Рис. 1.2. Окно графического редактора:
1 — зона рисования; 2 — строка закладок; 3 — окно команд;
4 — строка состояния; 5 — панели инструментов; 6 — строка главного меню

Переход в пространство модели

Для краткости изложения введем термин "укажите", означающий наведение курсора на объект, раздел меню или кнопку панели инструментов и щелчок левой кнопкой мыши.

Обратите внимание на пиктограмму осей координат в левом нижнем углу графического окна. Если пиктограмма имеет вид осей, как на рис. 1.2, 1.3, *б*, то активен так называемый *режим пространства модели*. Иначе пиктограмма имеет вид треугольника и активен другой так называемый *режим пространства листа*. Далее, *в гл. 6*, мы подробно рассмотрим особенности и назначение каждого режима. Сейчас для выполнения упражнений данной главы нужен режим пространства модели. Если пиктограмма не соответствует рис. 1.3, *б* (т. е. имеет вид треугольника), то нужно перейти в пространство модели:

- укажите в строке закладок **Model** (Модель) (см. рис. 1.2, 1.3, *б*);

- перемещая курсор по экрану, следите за отображением координат перекрестия в статусной строке. Передвинув перекрестие в левый нижний угол, вы должны увидеть координаты (0.0, 0.0, 0.0).

1.2. Отрезок прямой линии

Построим первый графический объект:

- переместите курсор в верхнюю зону экрана. В строке главного меню (см. рис. 1.3, *а*) укажите **Draw** (Рисование) — раскрылся раздел меню, содержащий ссылки на основные команды построения объектов;
- укажите в раскрывшемся меню пункт **Line** (Отрезок).

> ***Результат***
>
> Внизу экрана, в командной строке, появилось сообщение "_line Specify first point:", содержащее имя команды построения отрезка прямой линии и предложение задать координаты первой точки отрезка.

Координаты можно задать различным образом, варианты будут рассмотрены далее. Сейчас просто укажем точку:

- переместите курсор в зону рисования и установите его так, чтобы значения координат в статусной строке составили приблизительно (100, 100), а затем зафиксируйте точку с этими координатами, щелкнув левой кнопкой мыши;
- переместите курсор в точку с координатами (250, 200) (обратите внимание на отслеживание создаваемого отрезка с помощью так называемой "резиновой нити") и щелчком левой кнопки мыши укажите вторую точку — будет построен отрезок прямой (см. рис. 1.3, *б*);
- продолжайте указывать точки, тем самым строя еще несколько отрезков;
- для прерывания команды щелкните правой кнопкой мыши.

В зависимости от действующей настройки пакета после щелчка правой кнопкой мыши произойдет либо прерывание команды, либо появится контекстное меню (рис. 1.4) с опциями (вариантами выполнения) команды, в котором нужно указать пункт **Enter** (Ввод). Для отмены последнего построения укажите строку **Undo** (Отмени). Команду можно также прервать с клавиатуры клавишей <Esc> или <Enter>. После прерывания командная строка очистится и система будет ждать следующей команды.

Предусмотрено множество приемов, ускоряющих работу, которые вы постепенно освоите. Например, последнюю прерванную команду можно возобновить правым щелчком мыши или клавишей <Enter>. Еще один, дополнительный, правый щелчок или <Enter> начнет новый отрезок от последней точки предыдущей линии. Это относится ко многим командам построения.

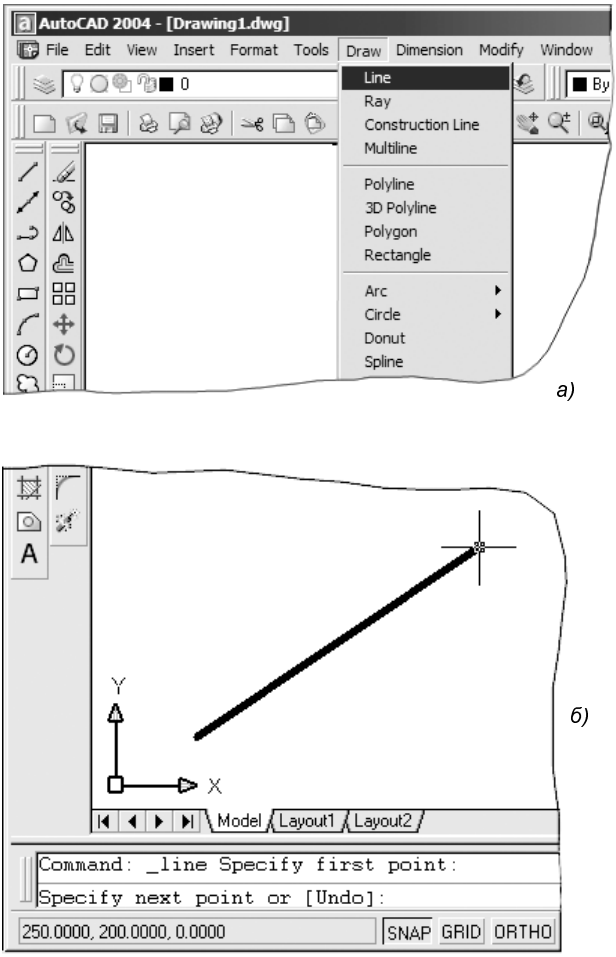


Рис. 1.3. Фрагменты окна графического редактора, поясняющие построение отрезка прямой: *а* — раскрытие подменю **Draw** с активизацией команды `LINE`; *б* — создаваемый отрезок при указании его конечной точки

Рис. 1.4. Контекстное меню команды `LINE`

- Проверьте сказанное, построив новый отрезок и сделав несколько щелчков правой кнопкой мыши или нажимайте клавишу <Enter>.

1.3. Панели инструментов

Панели инструментов (см. рис. 1.2) позволяют наглядно и быстро найти и активизировать команду.

Выбор и замена панелей

Панели — легкозаменяемый инструмент работы. Предусмотрен набор панелей инструментов. Для вывода на экран нужной панели выполните следующее:

- укажите раздел главного меню **View** (Вид), а в нем строку **Toolbars** (Панели). В возникшем окне приведен перечень панелей инструментов. Перемещая мышью (прокручивая) движок вертикальной линейки этого окна, просмотрите весь перечень панелей. Если слева от названия панели есть "птичка" или "крестик", то она уже выведена на экран;
- например, найдите панель **UCS** (ПСК) и щелкните на строке этой панели. Возникнет выбранная панель, а повторным щелчком можно убрать эту панель;
- выбрав нужные панели, покиньте окно **Toolbars** (Панели), указав **Close** (Закрыть).

Окно выбора панелей можно вызвать и другим образом, если щелкнуть правой кнопкой мыши по одной из активных панелей, присутствующих на экране. Откроется контекстное меню, в котором можно задать нужную панель. Проверьте.

Вызов команд указанием кнопок панели

- Подведите курсор к одной из кнопок панели. Если курсор задержать на кнопке в течение 1—2 с, то рядом с кнопкой возникнет название команды, а внизу, в статусной строке, назначение этой команды. Достаточно щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке и команда будет запущена.
- Повторите построение отрезка прямой, указав кнопку на панели инструментов рисования **Draw** (Рисование).

Перемещение и удаление панелей

Панели можно расположить в удобном для вас месте экрана. Для перемещения панели:

- установите курсор в верхнюю часть панели, где имеются две риски или темная полоса, нажмите и не отпускайте левую кнопку мыши — выделится контур панели;
- при нажатой левой кнопке мыши переместите мышь и, тем самым, перетяните панель в нужное место экрана;
- отпустите кнопку мыши — панель будет зафиксирована в новом положении.

Панели занимают место на экране, поэтому работать нужно с минимальным набором необходимых панелей. Для удаления панели:

- вытяните панель на экран и щелкните по крестику справа и вверху этой панели — панель будет закрыта.

Оставьте на экране панели **Standard** (Стандартная), **Properties** (Свойства объектов), **Layer** (Слои), **Draw** (Рисование), **Modify** (Редакт) — это универсальный набор панелей инструментов для работы. Первые три панели рекомендуем располагать горизонтально в верхней части экрана, непосредственно под главным меню, две последние — вертикально слева от зоны рисования (см. рис. 1.2). Если в данный момент на экране положение панелей иное, то выполните рекомендуемое размещение панелей.

1.4. Диалог пользователя с AutoCAD

Работа в AutoCAD осуществляется через систему команд. Пользователь вызывает нужную команду, которая может быть как командой создания, так и командой редактирования графического объекта. В ответ система запрашивает некоторые дополнительные параметры, например, координаты точки или значение параметров объекта. Пользователь выполняет эти требования, вводя необходимые значения. Система выполняет команду полностью или частично. В последнем случае она запрашивает дополнительные параметры до тех пор, пока команда не будет полностью выполнена.

Диалог чаще всего реализуется через сообщения в командной строке. Поэтому, вызвав команду, найдите ответ в командной строке и выполните требования системы. Диалог может происходить и через диалоговое окно, выводимое системой на экран после вызова команды.

Вызвать команду можно из главного меню указанием кнопки панели инструментов, а также с командной строки. В меню и панелях команды систематизированы и могут быть легко найдены. Ввод с командной строки (переместите курсор в командную строку и после приглашения `Command:` введите имя команды, а затем нажмите <Enter> или щелкните правой кнопкой мы-

ши) — требует знания имени команды, а поэтому характерен для опытных пользователей.

1.5. Соглашение по записи действий

Для краткости изложения мы будем применять сокращенную запись действий.

Вариант 1

Вызов команды из главного (выпадающего) меню:

❒ **Draw** (Рисование) \ **Line** (Отрезок) \ 100,100 \ 200,100 \ 200,200 \ 100,200 \ `Close`

Здесь знак ❒, как мы уже отмечали, служит приглашением к действию. Далее приводятся названия разделов главного меню в английской версии, в скобках — перевод разделов и строк меню. Косая черта разделяет действия, означая перемещение по разделам меню. Двойная косая черта означает завершение указаний пунктов меню. В этот момент в командной строке активизируется команда, вызванная из меню. Последующие действия выполняются из командной строки.

Числа или текст, приведенные в записи, указывают на необходимость их ввода в командную строку. Это могут быть значения параметров, координаты точек, имена опций. Если команда снабжена диалоговым окном, то будет указано поле, в которое нужно ввести приведенное значение. Ввод выполняется с клавиатуры. Там, где приведена наклонная черта, ввод заканчивается нажатием клавиши <Enter>. Вводить значения нужно так, как они приведены в записи, без лишних пробелов, помня, что запятая разделяет координаты по осям *X*, *Y* и *Z*, а точка, если она есть, отделяет целую часть числа от дробной.

Имена опций могут быть приведены полностью или сокращенно с указанием только ключевой буквы, минимально необходимой для опознавания этой опции. Ключевая буква в названии опции выделена как прописная, эта буква не обязательно является первой в названии опции. Например, опция `Close` может быть задана ее ключевой буквой `C`, опция `coLor` — буквой `L`.

Переводы имен опций или команд, приведенные в скобках, даны в соответствии с локализованными русскими версиями. Вводить эти переводы при работе с англоязычной версией, очевидно, не нужно.

Расшифруем приведенную выше запись: в главном меню указать раздел **Draw** (Рисование), после того как этот раздел меню раскроется, указать в нем строку **Line** (Отрезок). Далее, с клавиатуры через запятую набрать 100,100 (это координаты начальной точки отрезка) и завершить ввод, нажав клавишу <Enter>, а затем набрать с клавиатуры следующую пару цифр,

вновь <Enter> и т. д. В заключение ввести с клавиатуры имя опции `Close` или ее ключевую букву `C` и вновь нажать <Enter>. Напомним, что если вместо нажатия клавиши <Enter> выполнять щелчок правой кнопкой мыши, то будет появляться контекстное меню (см. рис. 1.4), в котором можно выбрать нужную опцию команды, или строку **Enter** (Ввод), приводящую к завершению команды.

- Реализуйте приведенную выше запись — на экране появится квадрат с длиной стороны в 100 единиц.

Вариант 2

Ввод команды с командной строки. Учитывая, что с выходом новых версий пакета, которые стали обновляться ежегодно, содержание меню и панелей инструментов постоянно изменяется, а имена команд остаются неизменными, будем зачастую указывать имя команды, а не разделы меню, которые ее вызывают. Имя команды нужно ввести с клавиатуры и нажать <Enter>. Например:

- `line` \ 200,100 \ 400,100 \ 300,250 \ `C` — будет построен равнобедренный треугольник.

Будем также применять комбинированные варианты записи с указанием кнопок панелей инструментов.

Указание мышью

О значении термина "укажите" мы уже договорились. Теперь давайте договоримся о щелчке правой кнопкой мыши — будем называть его ПЩ или Пщелчком. Основное его применение — это завершение выбора объектов в командах редактирования или завершение команды. Например, запись для команды `TRIM`, выполняющей обрезку объектов:

- `trim` \ Выберите объекты, являющиеся режущими кромками \ ПЩ \ Выберите объекты, подлежащие обрезке \ ПЩ \ <Enter>.

Локализованные версии пакета

В локализованной, русскоязычной версии пакета можно вводить имена команд и опций на русском языке. Например:

- `отрезок` \ 200,100 \ 400,100 \ 300,250 \ `Замкни`.

Также в локализованной версии можно применять команды и опции на английском языке. Для этого нужно, при вводе из командной строки, перед именем команды и ее опций вводить нижний дефис. При описании такого ввода мы для краткости будем приводить только английские имена. Поэтому тем, кто работает в локализованной версии, нужно добавлять "_" (нижий

дефис) к имени команды и ее опций. Так, предыдущая команда при вводе ее в локализованной русской версии имеет вид:

- `_line \ 200,100 \ 400,100 \ 300,250 \ _c`.

1.6. Справки по командам

Особое внимание обратите на использование справочной системы пакета. Информация доступна, наглядна и содержит подробное описание всех команд и примеры их применения. Обращение к ней позволит преодолеть неизбежные трудности начального этапа освоения пакета. Учитывая то, что справочная система содержит наиболее полную информацию о методах работы, обращение к справке полезно и опытным пользователям. Указываемые ниже ссылки на разделы справочной системы соответствуют версии пакета AutoCAD 2005.

Работа со справочной системой в режиме учебника

- Укажите в главном меню **Help** (Помощь), либо кнопку панели инструментов, либо нажмите на клавиатуре клавишу <F1>.

Результат

Появится окно справочной информации (рис. 1.5), в левой части которого содержатся закладки, задающие режим работы со справочной информацией.

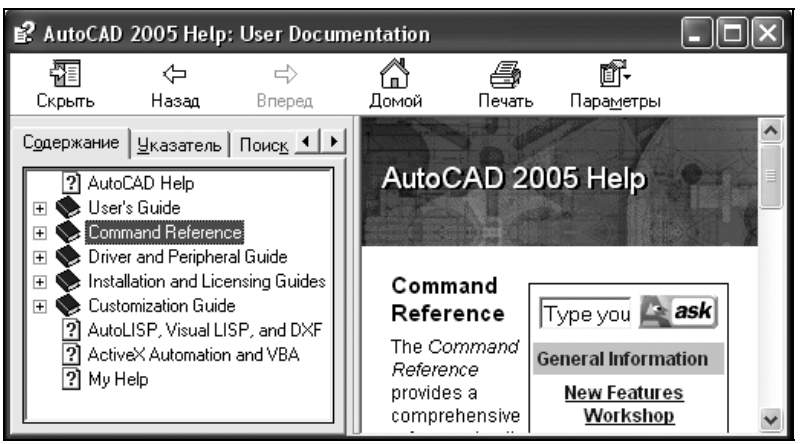


Рис. 1.5. Окно справочной информации

- Откройте закладку **Содержание**, в ней откройте раздел **User's Guide** (Руководство пользователя). Здесь приведено описание основных методов и приемов работы. К ним мы будем постоянно обращаться.

Посмотрите информацию из раздела **Command Reference**:

- **Command Reference** (Обзор команд) \ **Commands** (Команды) — возник список команд, в котором в алфавитном порядке можно найти информацию о любой команде пакета и методах ее применения.

Большое количество иллюстраций позволяет пользоваться справочной информацией и при недостаточном владении английским языком. Для более эффективной работы установите на компьютер программу-переводчик. В локализованных, русских версиях основные разделы справочной информации переведены на русский язык.

Помощь в прозрачном режиме

Этот режим помощи позволяет получить справку и инструкции по команде в процессе ее выполнения. Например, построим дугу окружности с использованием помощи:

- **Draw** (Черчение) \ **Arc** (Дуга) \ сдвиньте мышь вправо;

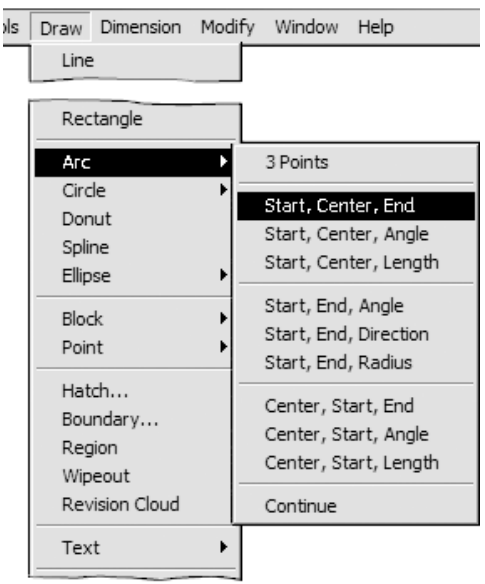


Рис. 1.6. Разделы главного меню при построении дуги окружности

Результат

Возник дополнительный раздел меню (рис. 1.6), в котором приведены предусмотренные варианты (опции) задания дуги.

- укажите **Start, Center, End** (Начало, Центр, Конец);

Результат

В командной строке возник запрос системы на ввод данных.

- нажмите на клавиатуре клавишу <F1>.

Результат

Появится окно справочной информации по команде построения дуги (рис. 1.7).

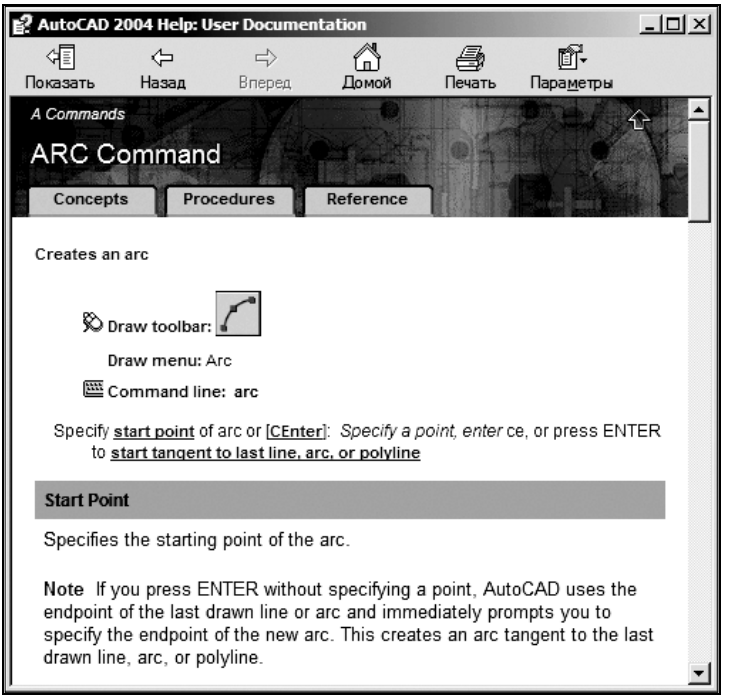


Рис. 1.7. Окно справочной информации по команде ARC

В окне указано имя команды ARC, выполняемое действие "Creates an arc" (Создание дуги), имя панели инструментов и кнопка, соответствующая команде — , а также раздел главного меню `Draw menu: Arc` и имя, по которому команду можно вызвать из командной строки `Command line: arc`.

Ниже приведены опции команды ARC. Имена опций выделены либо цветом, либо толщиной шрифта и подчеркнуты. При указании выделенных терминов осуществляется вывод дополнительной информации. Например, укажите start point (начальная точка) — раскроется нижняя часть окна справочной информации с дополнительной информацией.

Обратите внимание на закладки **Concepts** (Понятия), **Procedures** (Процедуры) и **Reference** (Рекомендации). Каждая из них содержит дополнительную информацию по команде и методам ее применения (в данном случае — по команде построения дуги).

Освойте несложные приемы работы со справочной системой, общие для ОС Windows: перемещение и корректировка размеров окна, прокрутка и др.

- ❒ Чтобы убрать окно помощи, нажмите клавишу <Esc> или укажите кнопку-крестик в правом верхнем углу окна.
- ❒ В результате будет продолжено действие команды ARC.
- ❒ Укажите на экране три точки: начало, центр и конец дуги.

При вызове ряда сложных команд на экран выводится диалоговое окно данной команды. Примером является команда ARRAY построения массива объектов, рассмотренная ниже. Справочную информацию по таким командам можно вызвать, указав кнопку **Help** (Помощь) в правом нижнем углу диалогового окна.

1.7. Режимы построений — ORTHO, Шаг, Сетка

ORTHO (Орто) — режим, обеспечивающий ортогональные построения, характерные для чертежей. Если этот режим включен, то строятся строго горизонтальные или вертикальные линии, если отключен — то линии можно провести под произвольным углом. Включение и отключение режима осуществляется последовательным указанием кнопки **ORTHO** в статусной строке в нижней части экрана или нажатием клавиши <F8> на клавиатуре.

- ❒ Постройте несколько отрезков, включая/отключая режим **ORTHO**.

Шаговая привязка — этот режим задает дискретное перемещение курсора по экрану, по узлам некоторой невидимой сетки. Например, если установить шаг равным 1, то построения, выполняемые указанием курсором на экране, будут реализованы с точностью до 1. Во многих случаях шаговая привязка ускоряет построения и повышает их точность. Включение/отключение шага осуществляется в статусной строке указанием кнопки **SNAP** (Прив) или с клавиатуры клавишей <F9>.

- ❒ Подвигайте мышь. Несколько раз включите и отключите шаг. При включенном шаге движение курсора происходит дискретно, рывками, при вы-

ключенном — движение плавное, непрерывное. Это проявляется как визуально, так и по показаниям координат курсора, которые при включенном шаге принимают значения в соответствии с дискретностью.

Режим *сетки* создает на экране видимую сетку для удобства работы. Сетка имеет свой шаг, который может отличаться от шага привязки. Включение и отключение сетки осуществляется в статусной строке кнопкой **GRID** (Сетка) или клавишей <F7>. Если сетка не появляется, а в командной строке возникает сообщение "Grid too dense to display" (Сетка слишком плотна для отображения), то нужно увеличить масштаб отображения (*см. разд. 1.14*), либо увеличить шаг сетки.

Настройка режимов

- Кнопки **GRID** и **SNAP** и соответствующие им клавиши <F7> и <F9> лишь включают или отключают режимы шаговой привязки и сетки. Настроить величины шага привязки и шага сетки можно в диалоговом окне **Drafting Settings** (Режимы рисования), показанном на рис. 1.8. Вызвать его можно выбрав **Tools** (Сервис) \ **Drafting Settings** \ **Snap and Grid** (Шаг и сетка).

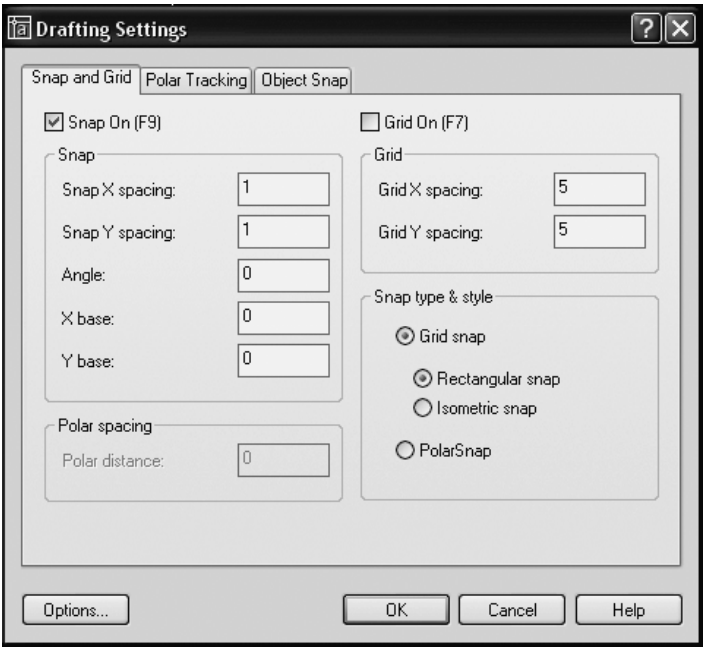


Рис. 1.8. Диалоговое окно настройки режимов построений **Drafting Settings**. Закладка задания параметров шага и сетки

Результат

Появится диалоговое окно **Drafting Settings** (Режимы рисования) (см. рис. 1.8). Для выполнения настроек нужно в его полях ввести требуемые значения.

Это окно можно вызвать иначе:

- укажите кнопку **GRID** или **SNAP** и щелкните правой кнопкой мыши, в возникшем контекстном меню укажите строку **Settings** (Параметры);
- задайте значения шага привязки равным 1, а ячейку сетки равной 5 (рис. 1.8).

1.8. Цвет

При загрузке пакета и открытии нового рисунка установлен черный цвет линий на белом экране или наоборот — белый на черном. Для задания другого цвета выполните следующие действия:

- **Format** (Формат) \ **Color** (Цвет);
- в появившемся окне укажите нужный цвет, например, **Red** (Красный), а затем **OK** — покиньте окно.

Цвет, как и другие свойства объектов, удобно задавать и редактировать через панель инструментов **Properties** (Свойства объектов). Цвет определяется левой секцией этой панели (рис. 1.9). При указании кнопки с треугольником раскроется список выбора. Если предложенные основные цвета не устраивают, укажите нижнюю строку списка для тонкой настройки цвета.

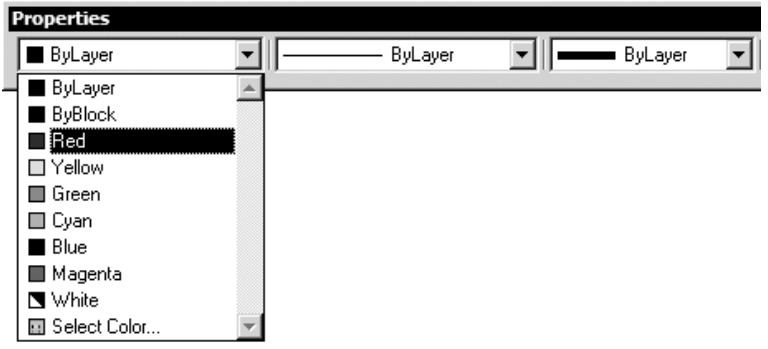


Рис. 1.9. Панель инструментов **Properties** с раскрытым списком задания цвета

Проверим выполненную настройку цвета. Для этого нарисуем примитив новым цветом. Особенно красивы примитивы, имеющие толщину линии.

Например, кольцо:

- **Draw** (Черчение) \ **Donut** (Кольцо);

  Результат

  В командной строке появилось сообщение о необходимости задать внутренний диаметр кольца. В угловых скобках указано предлагаемое значение.

- нажмите клавишу <F1> и изучите справку по команде. Покиньте окно справки (вновь нажмите <F1>);
- если вы согласны с предлагаемым значением внутреннего диаметра кольца, то щелкните правой кнопкой мыши. Но лучше задайте свое значение. Это можно сделать следующими способами:
  - ввести цифру с клавиатуры;
  - указать две точки в любом месте экрана, расстояние между которыми будет принято за внутренний диаметр;
- далее, аналогично задайте наружный диаметр — появился след кольца;
- перемещая курсор, укажите центр кольца;

  Результат

  Кольцо построено и система предлагает указать центр нового кольца.

- постройте два-три одинаковых кольца, указывая их центр. Для прерывания команды П-щелкните;
- повторно П-щелкните для возобновления команды — команда вновь активна;
- постройте несколько разных колец, задавая каждому свои размеры и цвет.

1.9. Удаление примитивов. Выбор объектов

Удалить графические объекты с экрана можно клавишей <Delete> или командой ERASE.

- Укажите удаляемые объекты и нажмите клавишу <Delete> на клавиатуре — объекты удалены.

Основной вариант удаления объектов — это применение команды ERASE. При изучении этой команды особое внимание уделите выбору примитивов, подлежащих удалению, поскольку процедура выбора присуща всем командам редактирования, к которым относится и команда ERASE. Выполните:

- **Modify** (Редакт) \ **Erase** (Стереть) — курсор принял вид квадратика;
- укажите удаляемый объект;

Результат

Выбранный объект выделен штриховой линией.

- П-щелкните или нажмите клавишу <Enter>;

Результат

Объект исчез, но команда продолжает действовать.

- сотрите еще несколько примитивов и прервите команду П-щелчком.

Выбор объектов для редактиров ания

В рассмотренном выше примере выбор объектов для удаления осуществлялся по одному, путем их указания. Можно выбрать сразу несколько объектов. Рассмотрим выбор так называемой *рамкой*.

- П-щелчком повторно вызовите команду ERASE;
- укажите пустое место экрана слева внизу от группы объектов, а затем потяните мышь вправо вверх;

Результат

Образуется сплошная рамка, которой можно выбрать те объекты, которые *полностью* в нее попали.

- перемещая курсор, охватите рамкой несколько объектов, щелчком левой кнопкой мыши зафиксируйте выбор;

Результат

Объекты, полностью включенные в рамку, выделены штриховой линией.

- П-щелчком сотрите выбранные объекты.

Рассмотрим еще один вариант выбора группы объектов — так называемой *секущей рамкой*:

- повторите вызов команды удаления, указав кнопку панели инструментов **Modify** (Редакт);
- вновь щелкните курсором в пустом месте экрана, но теперь справа от удаляемых объектов, а затем переместите курсор влево и вниз;

Результат

За курсором тянется прерывистая, так называемая *секущая* рамка. В отличие от сплошной рамки она выбирает объекты, как *полностью* в нее попавшие, так и *пересекаемые*.

- задайте секущую рамку так, чтобы она пересекла несколько объектов;
- П-щелчком сотрите выбранные объекты.

Рассмотренные варианты выбора — указанием по одному, рамкой или секущей рамкой — являются общими для большинства команд редактирования. Имеются и другие варианты выбора, которые можно узнать, вызвав команду SELECT (ВЫБРАТЬ) и наведя справку по этой команде.

1.10. Отмена результата выполнения команд

Если вы по ошибке удалили объекты, и нужно их восстановить или требуется отменить ряд построений, воспользуйтесь командой UNDO:

- **Edit** (Правка) \ **Undo** (Отменить) \ клавиша <F1> — прочтите справку по команде.

Команду отмены можно вызывать многократно, двигаясь "назад во времени", последовательно отменяя действия любых команд, выполненных в текущем сеансе работы. Отмену одного действия можно вызвать сочетанием клавиш <Ctrl>+<Z> или вводом с клавиатуры буквы U. Удобно пользоваться кнопками панели инструментов **Standard** (Стандартная). Первая, слева направо, кнопка вызывает отмену, а вторая выводит список ранее выполненных команд и позволяет задать глубину отмены.

Вернуть отмененное действие можно командой MREDO, вызываемой кнопками .

1.11. Команды построения объектов

Все команды создания графических объектов сосредоточены в разделе **Draw** (Рисование) главного меню. Основные команды содержатся в одноименной панели инструментов. Примеры применения команд можно найти в справочной системе пакета:

- **Help** (Помощь) \ **User's Guide** (Руководство пользователя) \ **Create and Modify Objects** (Создание и редактирование объектов). Посмотрите указанный раздел.

Выше были рассмотрены команды построения отрезка прямой, дуги окружности и кольца. Самостоятельно изучите остальные команды по порядку их расположения в меню **Draw** или на панели инструментов: **Circle** (Круг), **Polygon** (Многоугольник), **Rectangle** (Прямоугольник), **Ellipse** (Эллипс). Часть команд будет рассмотрена в *разд. 1.12.*

Порядок ознакомления с командами следующий:

- вызовите команду из главного меню или кнопкой панели инструментов;

- наведите справку по команде (нажмите <F1>);
- два-три раза постройте примитив, используя различные опции изучаемой команды.

1.12. Редактирование геометрии объектов

Редактирование — это изменение уже созданных объектов. Команды редактирования размеров или положения объектов сосредоточены в разделе **Modify** (Редакт) главного меню.

Рассмотрим, например, команду `MOVE`. Она осуществляет плоскопараллельное перемещение ранее созданных объектов. Введите имя команды с клавиатуры или выберите команду через меню **Modify**, или одноименную панель инструментов — кнопка :

- `move \` нажмите клавишу <F1> — будет выдана справочная информация по команде. После изучения справки нажмите <Esc> — покиньте окно справки;
- на запрос выбора объектов в командной строке "Select objects:" (Выберите объекты) укажите нужные объекты по одному или рамкой; закончите выбор П-щелчком;
- на запрос "Specify base point or displacement:" (Базовая точка или перемещение) укажите какую-либо точку выбранных объектов;
- "Specify second point of displacement" (Вторая точка перемещения) — перемещая курсор, контролируйте перемещение объектов на экране. Зафиксируйте новое положение.

> ***Результат***
>
> Группа выбранных объектов перешла в новое положение в соответствии с заданным вектором переноса.

Если перемещение редактируемых объектов не отслеживается, необходимо ввести с командной строки имя системной переменной `DRAGMODE` и присвоить ей значение `Auto`.

Самостоятельно изучите следующие команды редактирования, вызываемые указанием строк меню **Modify** или кнопок одноименной панели инструментов: **Copy** (Копируй), **Rotate** (Поверни), **Mirror** (Зеркало), **Offset** (Отступ). Не забывайте при этом наводить справки по изучаемым командам.

1.13. Редактирование свойств объектов

К основным свойствам графических объектов относятся цвет, слой, тип линии, ширина. Имеются и другие свойства, характерные для отдельных объектов, например, размер или гарнитура шрифта.

Основные свойства удобно редактировать через панель инструментов **Properties** (Свойства объектов) (см. рис. 1.8). Допустим, необходимо изменить цвет уже построенного объекта:

- укажите один или несколько редактируемых объектов — объекты выделены. Найдите панель инструментов **Properties** , раскройте список выбора цвета. Укажите нужный цвет.

В большей мере воздействовать на свойства объектов позволяет команда PROPERTIES, вызываемая из меню **Modify** или кнопкой панели инструментов **Standard**. Проще всего эту команду вызвать через контекстное меню:

- выберите один или несколько объектов — появились *ручки* (*см. разд. 2.3*). П-щелчок — возникло контекстное меню, в котором нужно указать пункт **Properties** (Свойства).

Возникло окно редактирования свойств. В нем приведены текущие свойства выбранных объектов.

Для изменения цвета:

- укажите пункт **Color**, далее раскройте список выбора цвета и укажите нужный цвет.

Результат

Цвет выбранных объектов изменен.

Команду PROPERTIES можно вызвать двойным щелчком левой кнопкой мыши по редактируемому объекту — проверьте.

Для редактирования геометрии и свойств сложных объектов, например — полилиний, сетей, штриховки, текста и др., предусмотрены специальные команды, сосредоточенные в меню **Modify** \ **Object** (Объект). Для редактирования solid-объектов — меню **Modify** \ **Solids Editing** (Редактирование тел). Для трехмерных преобразований — меню **Modify** \ **3D Operation** (3D-операции).

Присвоение свойств одного объекта другим

Пусть имеется исходный объект (отрезок прямой, окружность и т. д.), свойства которого нужно передать другим объектам. Это может быть цвет, слой, тип и ширина линии и др.:

- укажите кнопку \ укажите исходный объект \ укажите или выберите рамкой объекты, которым нужно присвоить свойство исходного объекта \ ПЩ \ <Enter>.

1.14. Корректировка размеров изображения

Для удобства работы, точности построений и сохранения зрения необходимо постоянно корректировать изображение так, чтобы нужная часть рисунка была отображена на весь экран и размещена в его средней зоне. Методы корректировки изображения изложены в справочной информации:

- **Help** (Помощь) \ **User's Guide** (Руководство пользователя) \ **Control the Drawing Views** (Управление видами рисунков).

Увеличение изображения выполняется командой `ZOOM`. Чтобы увеличить часть изображения до размеров экрана, поступите следующим образом. В главном меню указываем разделы:

- **View** (Вид) \ **Zoom** (Зуммирование) \ **Window** (Окно) \ <F1> — изучить справку по выполняемой команде \ <Esc> — закрыть окно справки и продолжить команду;
- укажите точку слева внизу от той части изображения, которую хотите увеличить;
- передвиньте мышь вправо вверх — тянется рамка; охватите рамкой нужный для увеличения участок изображения и щелчком укажите второй угол рамки.

Результат

Охваченная рамкой область увеличена.

Увеличение происходит в той мере, в какой рамка может быть растянута до границ экрана. Поэтому для максимального увеличения части изображения необходимо эту часть охватывать рамкой *как можно ближе*, так, чтобы был резерв для ее растягивания. Увеличение изображения можно осуществлять последовательно, т. е. неоднократно увеличить уже увеличенное изображение.

Чтобы вернуться к предыдущему изображению, выполните:

- **View** \ **Zoom** \ **Previous** (Предыдущий).

Чтобы показать все изображение, выполните:

- **View** \ **Zoom** \ **All** (Все).

1.15. Панорамирование

Можно сдвинуть изображение, не изменяя его размеров. Это осуществляется командой PAN:

- **View** \ **Pan** (Панорамирование) \ **Point** (Точка);
- на запрос "Specify base point:" укажите точку, которая будет сдвинута в новое положение. Допустим, изображение нужно сдвинуть вправо вверх. Тогда щелкните слева внизу экрана;
- сдвиньте мышь вправо вверх и укажите новое положение базовой точки.

Чтобы вернуться к предыдущему изображению, выполните:

- **View** \ **Zoom** \ **Previous**.

Необходимо понимать различие между панорамированием изображения и переносом объектов. *Панорамирование* командой PAN можно представить как перемещение условного листа с нанесенным изображением относительно экрана компьютера. При этом координаты объектов, нанесенных на листе, остаются неизменными. При *переносе* командой MOVE объекты смещаются на листе с изменением своих координат. Подобное отличие есть и между командами ZOOM и SCALE.

Эффективным способом преобразования изображения является *режим реального времени*, команды которого удобно вызывать кнопками панели инструментов **Standard**.

Наконец, освойте наиболее эффективный метод корректировки изображения — *режим общего вида*:

- **View** \ **Aerial View** (Общий вид) \ <F1> — справка и т. д.

Пример применения **Aerial View** (Общий вид) приведен далее, в *разд. 1.16*.

1.16. Узоры

Предлагаем построить два узора, основанных на создании массива графических объектов. Многократное копирование объектов в определенном порядке позволяет из простых объектов получить красивый узор и убедиться в проявлении известного закона о "переходе количественных изменений в качественные".

Абстракция

- Нарисуйте на экране 5—10 различных примитивов. Пусть это будут отрезки прямых, дуги, куски полилиний, кольца. Все разным цветом, разной толщины, в пересечении. Больше фантазии!

Размножим созданную группу объектов командой ARRAY (кнопка). Вызываем команду из меню:

- **Modify** \ **Array** (Массив) \ <F1> — изучите команду построения массива;
- выберите все объекты секущей рамкой \ задайте **Rectangular Array** (Прямоугольный массив) \ в поле **Rows** (Строки) задайте 4 строки, в поле **Columns** (Столбцы) задайте 4 столбца;
- укажите кнопку **Pick Both Offsets** (Размер ячейки) \ укажите на экране точку слева внизу относительно изображения, переместите мышь вправо вверх и возникшей рамкой охватите часть области, занятой изображением; зафиксируйте рамку повторным щелчком \ **OK**.

Результат

Создан массив из 4 строк и 4 столбцов, т. е. выполнено 16-кратное копирование изображения со смещением.

Для отображения массива на весь экран выполните:

- **View** \ **Zoom** \ **All** или кнопка .

Кружево

Здесь и далее будем, по возможности, все команды вызывать с командной строки или указанием кнопок панелей инструментов. Тем, кто работает в локализованной русской версии, нужно применять нижний дефис (*см. разд. 1.5*).

Получим узор вращением треугольника (рис. 1.10). Для построения правильного треугольника применим команду POLYGON:

- polygon или кнопка \ на запрос "Enter number of sides <3>:" (Введите количество сторон) введите 3 \ на запрос "Specify center of polygon:" (Укажите центр многоугольника) — укажите произвольную точку на экране;
- "Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <I>:" (Треугольник внутри окружности или вокруг нее) — задайте внутри, т. е. выберите опцию I. Поскольку она предложена по умолчанию, можно просто щелкнуть правой кнопкой мыши;

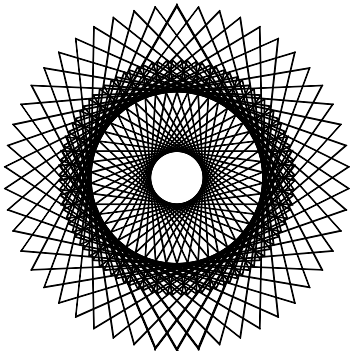


Рис. 1.10. Узор "Кружево"

- "Specify radius of circle:" (Задайте радиус), например, 100, или укажите его визуально, переместив курсор и зафиксировав размер треугольника щелчком левой кнопки мыши;

Результат

Треугольник построен. Размножим его круговым массивом.

- `array` \ в диалоговом окне команды задайте круговой тип массива;
- укажите кнопку **Select Objects** (Выбрать объекты) в правой части диалогового окна, на экране укажите треугольник, закончив выбор П-щелчком;
- на строке **Center Point** (Центр массива) укажите кнопку, затем на экране укажите точку где-нибудь внутри треугольника, обязательно смещенную от его центра;
- количество поворотов **Total Number of Items** задайте равным 50—60;
- задайте угол заполнения **Angle to Fill** равным 360;
- убедитесь, что активен режим **Rotate Items as Copied**, обеспечивающий поворот объектов при построении массива;
- укажите кнопку **Preview** (Предварительный просмотр). На экране возникает узор, поверх которого расположено окно с тремя кнопками. Сместите это окно (так же, как перемещают панели инструментов) и осмотрите узор. Если узор понравился, укажите кнопку **Accept** (Применить), иначе укажите **Modify** (Изменить) — будет восстановлено диалоговое окно, и в узор можно внести коррективы; например, советуем несколько раз задать новое положение центра массива, посмотрите узор при отключенном режиме **Rotate Items as Copied** и т. д.

В итоге получен изящный узор, напоминающий кружево.

Просмотр изображения в режиме общего вида

Исследуем геометрию узора в режиме общего вида, применив команду DSVIEWER. Команду можно вызвать из меню **View** \ **Aerial View** (Общий вид) или с командной строки:

- dsviewer \ возникло диалоговое окно **Aerial View** (рис. 1.11);
- переместите диалоговое окно в правую часть экрана и укажите точку внутри диалогового окна.

Результат

В месте указания возникла динамичная рамка. На экране произошло увеличение изображения.

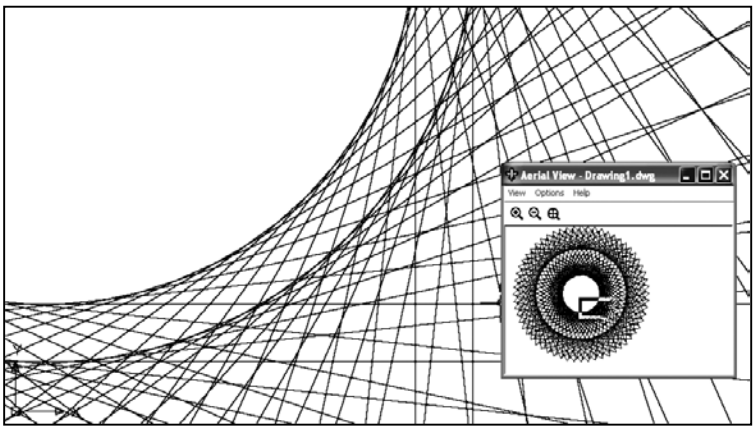


Рис. 1.11. Исследование геометрии узора в режиме общего вида

Часть узора, заключенная внутри динамичной рамки, растянута до границ экрана. Изменяя размер динамичной рамки можно регулировать степень увеличения: чем меньше рамка, тем больше увеличение, и наоборот. Отрегулируйте степень увеличения. Для этого:

- щелкните левой кнопкой мыши в области диалогового окна **Aerial View** и, перемещая мышь, измените размер динамичной рамки, контролируя степень увеличения по изображению на экране;
- двигая мышь, перемещайте динамичную рамку и изучайте геометрию узора. При возрастании плотности узора сделайте левый щелчок и уменьшайте размер динамичной рамки, добиваясь большего увеличения;
- для фиксации изображения на экране щелкните правой кнопкой мыши или клавишей <Esc>;

- для закрытия диалогового окна **Aerial View** укажите крестик в его правом верхнем углу.

Если узор понравился, постройте ряд ему подобных, вращая различные геометрические фигуры или размножая их по строкам и столбцам.

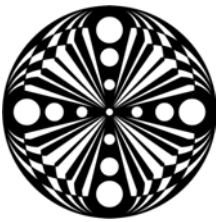
1.17. Выход из пакета с сохранением рисунка

Чтобы выйти из пакета с сохранением рисунка:

- создайте вашу рабочую директорию;
- **File** (Файл) \ **Save** (Сохранить) или укажите кнопку панели инструментов с изображенной дискетой;
- в возникшем окне откройте свою директорию и введите имя файла \ **Save** (Сохранить) — закройте окно;
- **File** (Файл) \ **Exit** (Выход) или укажите крестик в правом верхнем углу экрана.

Результат

Пакет выгружен, рисунок сохранен в указанной папке.



Глава 2

Подготовка к построению чертежа

До этого момента вы рисовали объекты, не обращая внимания на точность построения. В этой главе мы научимся чертить по размерам, линией нужной толщины и типа, ставить размеры, выполнять штриховку и надписи, т. е. тому, что необходимо для создания чертежа.

❒ Загрузите пакет и откройте новый рисунок (*см. разд. 1.1*).

2.1. Построения по координатам

Задать точку с требуемыми координатами можно двумя способами: либо перед тем, как указать точку на экране, контролировать координаты курсора, либо ввести координаты точки с клавиатуры. Напомним, что координаты по осям *X*, *Y* и *Z* при отображении и вводе разделяются запятой. Целая и дробная часть любой из координат разделяются точкой.

Отображение координат курсора

Координаты отображаются в левом нижнем углу экрана в статусной строке. Предусмотрены три режима отображения координат:

1. Динамическое отображение — выводятся значения координат в соответствии с перемещением курсора.
2. Фиксация координат — зафиксированы значения на момент нажатия клавиши <F6>.
3. Расстояние и угол — выводится приращение координат к координатам предыдущей точки, длина и угол вектора приращения с осью *X*.

Переключение режимов можно выполнять во время построений последовательным нажатием клавиши <F6> или сочетанием клавиш <Ctrl>+<D>. Проверьте действие клавиши <F6>:

❒ начните рисовать отрезок прямой, задав первую точку отрезка;

❒ перемещайте курсор и смотрите его координаты в статусной строке;

- последовательно нажимайте клавишу <F6>, и вы увидите изменение режима отображения в соответствии с указанными выше вариантами;
- <Esc> — прервите команду.

Таким образом, указывая точки курсором, следите за координатами в статусной строке, регулируя режим отображения координат клавишей <F6>.

Ввод координат с клавиатуры. Еще раз о работе со справочной системой

Координаты можно задать в декартовой или полярной системе, абсолютными значениями координат либо приращениями. Рассмотрим примеры ввода координат. Одновременно более подробно, чем в *разд. 1.6*, покажем метод работы со справочной системой пакета.

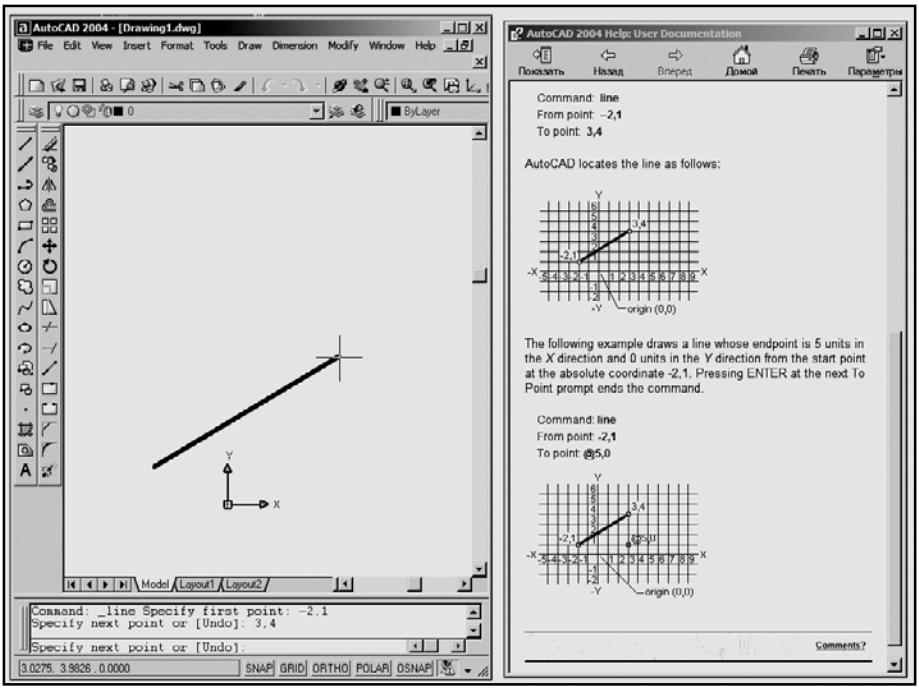
Абсолютные декартовы координаты

Обратимся к справочной системе пакета. Найдем в ней и повторим пример, поясняющий построения по координатам. В главном меню выберите **Help** (Помощь). Выполните следующее:

- **Help** \ закладка **Содержание** \ **User's Guide** (Руководство пользователя) \ **Create and Modify Objects** (Создание и редактирование объектов) \ **Use Precision Tools** (Точность построений) \ **Use Coordinates and Coordinate Systems** (Использование системы координат) \ **Enter 2D Coordinates** (Координаты на плоскости) \ **Enter Cartesian Coordinates** (Ввод значений координат);
- прокрутите правую часть справочного окна и найдите пример построения отрезка по координатам (рис. 2.1);
- задайте многооконный режим отображения для окна графического редактора (рис. 2.1, *а*) и окна справочной информации (рис. 2.1, *б*). Расположите окна как показано на рис. 2.1: графический редактор в левой части экрана, справочное окно — в правой. Методы работы с окнами ОС Windows известны из курса информатики.

Выполните пример построения отрезка, приведенный на рис. 2.1. В соответствии с соглашением (*см. разд. 1.5, вариант 2*) краткая запись действий по построению отрезка следующая:

- `line` \ −2,1 \ 3,4 \ ПЩ \ <Enter> — в левом нижнем углу экрана появится отрезок;
- увеличьте изображение построенного отрезка так, как показано на рис. 2.1, *а*.



а) *б)*

Рис. 2.1. Размещение графического окна (*а*) и окна справки (*б*) для совместной работы

Относительные декартовы координаты

Координаты точки отрезка удобно задавать как *приращения* к координатам предыдущей точки. Для этого перед координатами нужно ввести знак @. Так, построенный выше отрезок можно задать следующим образом:

❐ `line` \ 2,1 \ @5,3 \ ПЩ.

Относительные координаты могут применяться во всех командах, в которых осуществляется последовательное задание точек. Например, построим прямоугольник, левый нижний угол которого имеет координаты (50,50), длина равна 100, а высота равна 70:

❐ `rectang` \ 50,50 \ @100,70.

Полярные координаты

В полярных координатах положение точки определяется ее радиус-вектором. Чаще всего применяют *относительные полярные координаты*. В этом

варианте положение точки задается длиной и углом наклона отрезка, соединяющего точку с предыдущей точкой. Угол измеряется от оси *X* в градусах, причем положительное значение — против часовой стрелки. Например, отрезок с начальной точкой (150,100), длиной 200 под углом 35° можно построить следующим образом:

- `line` \ 150,100 \ @200<35 \ ПЩ.

В *абсолютных полярных координатах* радиус-вектор точки задается от начала координат, а не от предыдущей точки. Для этого нужно опустить знак приращения @.

Комбинированный метод

При задании второй и последующих точек во многих командах построения можно указать курсором направление радиус-вектора точки, а длину вектора приращения ввести с клавиатуры:

- `line` \ 150,100 \ переместите курсор в требуемом направлении — потянется "резиновая нить" \ 200 \ ПЩ — построен отрезок в указанном направлении длиной 200 единиц;
- `rectang` \ 50,50 \ переместите курсор в направлении диагонали прямоугольника \ 200 \ ПЩ — построен прямоугольник с длиной диагонали 200 единиц.

Комбинированный метод эффективен в сочетании с режимом, фиксирующим угол перемещения. Это режимы ортогонального (*см. разд. 1.7*) или полярного отслеживания. Режим полярного отслеживания позволяет задать произвольный, предварительно настроенный угол перемещения. Включение этого режима осуществляется указанием кнопки **POLAR** (ОТС-ПОЛЯР) в статусной строке, а настройка — в диалоговом окне, вызываемом щелчком правой кнопки мыши по указанной кнопке.

Трехмерные координаты

При работе в трехмерном пространстве добавляется третья координата *Z* — высота точки. К работе в пространстве мы приступим, начиная с *гл. 4*.

При трехмерных построениях, помимо декартовой и полярной систем, в AutoCAD применяются цилиндрическая и сферическая системы координат, которые рассмотрены в том же разделе справочной системы пакета.

2.2. Толщина линии

Начиная с AutoCAD 2000, любая линия на экране может иметь регулируемую толщину. Толщину (в локализованной, русской версии — *вес*) линии можно включать или отключать. Построения следует выполнять при выклю-

ченной толщине линии. Затем, линиям можно придать толщину согласно стандарту черчения. Вспомните, как на бумаге чертеж сначала строят тонкими линиями, а затем обводят толстыми.

Для задания толщины линии выполните:

- **Format** (Формат) \ **Lineweight** (Вес линии) — в возникшем окне настройки, в поле **Lineweights**, задайте толщину, например, 1;
- постройте какой-либо графический примитив (например — отрезок, круг или эллипс);
- найдите в статусной строке кнопку **LWT** (Вес). При указании этой кнопки толщина всех линий, которым она присвоена, принимает заданное значение. При повторном указании кнопки толщина "отключается".

Заданное значение толщины линии реализуется только в режиме пространства листа. При работе в пространстве модели толщина задается в условных единицах. В этом режиме она может быть скорректирована для всех линий изменением экранного масштаба: **Format** \ **Lineweight** \ **Adjust Display Scale** (Изменение экранного масштаба).

Толщину удобно задавать или редактировать через панель инструментов **Properties** (Свойства объектов). Толщина определяется третьей слева секцией этой панели (см. рис. 1.9).

2.3. Редактирование "ручками"

Ручки — быстрое и доступное средство редактирования геометрии объектов:

- убедитесь, взглянув на командную строку, что нет активной команды, иначе прервите ее, нажав <Esc>;
- укажите какой-либо объект на экране, например — отрезок.

В вершинах отрезка появились квадратики — это ручки:

- укажите одну из ручек — она выделится красным цветом. Курсором переместите эту ручку в новое положение;
- для удаления ручек дважды нажмите <Esc>.

2.4. Объектная привязка и геометрические построения

Объектная привязка — средство, позволяющее задать точку графического объекта с определенными качественными свойствами, например, конечную точку отрезка, центр круга, основание перпендикуляра, опущенного на от-

резок. Указанные точки будут рассчитаны вычислителем пакета с максимальной "компьютерной" точностью:

- щелкните правой кнопкой мыши по кнопке **OSNAP** (ОПРИВ) в статусной строке экрана — возникло контекстное меню, в котором укажите нижнюю строку **Settings** (Параметры) — появится окно настойки режима объектной привязки.

Предусмотрено 13 режимов привязки. Указав в окне настройки кнопку **Help**, прочтите раздел справки с комментариями к каждому режиму. Для активизации какого-либо режима нужно указать квадрат рядом с его названием ("поставить птичку"). Режим привязки начнет действовать после вызова одной из команд построения графического объекта и будет действовать *постоянно* до его отмены или временного отключения нажатием клавиши <F3>.

Вместо постоянной привязки удобно применять *разовый* режим привязки, в котором, для привязки к объекту, нужно во время выполнения какой-либо команды нажать клавишу <Shift> и, не отпуская ее, П-щелкнуть (в записи это выглядит так: <Shift>+ПЩ) — возникнет контекстное меню, в котором нужно указать строку нужной привязки. После этого можно продолжить выполнение команды, указав объект, которому предназначена привязка.

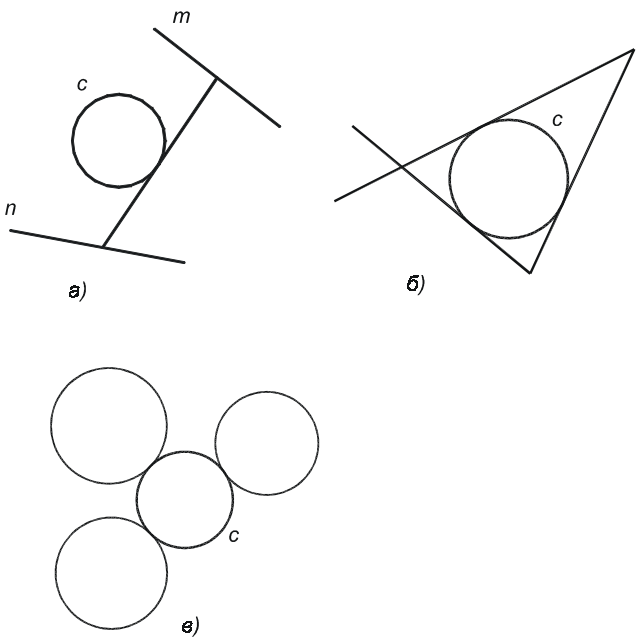


Рис. 2.2. Задачи на геометрические построения с применением объектной привязки

Рассмотрим примеры построений, основанные на применении объектной привязки.

Задача 1

Из середины отрезка *m* провести касательную к окружности *c* до пересечения с отрезком *n* (рис. 2.2, *а*):

- подготовьте исходные данные — нарисуйте окружность *c* и два отрезка *m* и *n*;
- `line` \ на запрос "Укажите начальную точку:" нажмите <Shift>+ПЩ и выберите привязку **Midpoint** (Середина);
- укажите отрезок *m* в любом его месте — середину система найдет сама. В средней точке указанного отрезка должен возникнуть маркер треугольной формы. Дождитесь подтверждения привязки в окне рядом с курсором. После этого перемещайте курсор — от средней точки отрезка *m* тянется "резиновая нить" нового отрезка;
- на запрос "Укажите следующую точку:" вновь нажмите <Shift>+ПЩ и выберите привязку **Tangent** (Касательная);
- подведите курсор к окружности со стороны желаемой точки касания — появится курсор характерной формы . Щелкните левой кнопкой мыши.

Проведена касательная, но только до точки касания с окружностью. Для завершения задачи нужно удлинить отрезок касательной до пересечения с отрезком *n* — применим команду `EXTEND` (удлинение до границ):

- `extend` или кнопка \ на запрос "Выберите граничные кромки" — укажите отрезок *n* \ ПЩ — "выбор закончил";
- на запрос "Выберите удлиняемый объект", укажите отрезок касательной со стороны, ближней к отрезку *n* \ ПЩ — задача решена.

Задача 2

Построить окружность, касательную к трем пересекающимся отрезкам прямой (рис. 2.2, *б*):

- командой `LINE` постройте три пересекающихся отрезка;
- **Draw** (Рисование) \ **Circle** (Круг) \ **Tan,Tan,Tan** (это опция нахождения окружности по трем точкам касания, нужно ввести имя опции с клавиатуры или щелкнуть правой кнопкой мыши и указать эту опцию в контекстном меню) \ подведите курсор к одному из отрезков, дождитесь подтверждения привязки **Tangent** и укажите отрезок;
- то же повторите и для двух других отрезков — будет построена искомая окружность *c*.

Задача 3

Построить окружность, касательную к трем окружностям (рис. 2.2, *в*):

- постройте три окружности так, как показано на рис. 2.2, *в*.

Искомая окружность *с* может быть получена как в предыдущей задаче — применением опции **Tan,Tan,Tan**. Но мы рассмотрим общий вариант — построение окружности по трем точкам, для каждой из которых нужно вызвать объектную привязку **Tangent** (Касательная):

- `circle \ 3P` (это опция построения окружности по трем точкам);
- на запрос "Укажите первую точку окружности" выполните <Shift>+ПЩ и выберите привязку **Tangent**, затем установите курсор на одну из окружностей, дождитесь подтверждения привязки и щелкните левой кнопкой мыши;
- то же повторите для задания точки на второй и третьей окружностях.

При трех исходных окружностях в зависимости от положения точки касания задача имеет в общем случае девять решений. Исходные окружности могут пересекаться. Однако они не должны быть концентричными, и их центры не должны располагаться на одной прямой.

2.5. Пользовательская система координат (ПСК)

В AutoCAD введено понятие *мировой системы координат* (МСК), под которой понимается некоторая условная система координат, принятая в качестве начальной системы отсчета. При построении на плоскости, например, выполнении чертежа, МСК — это система координат, у которой плоскость *XY* совмещена с плоскостью построений (плоскостью чертежа), а начало находится в левом нижнем углу формата чертежа.

При трехмерных построениях МСК — это система координат, у которой плоскость *XY* принимается в качестве горизонтальной, а за начало координат принимается точка, удобная для расчетов и задания координат. Например, если строится модель дома, то плоскость *XY* МСК является плоскостью земли, а начало координат — это левый нижний ближний угол дома. Если создается модель детали, то в качестве начала каординат МСК удобно рассматривать угол стола, на котором модель условно расположена, а плоскость стола — это плоскость *XY* МСК.

Работать в МСК не всегда удобно, поскольку в процессе построения она может оказаться неоптимальной. Например, при выполнении чертежа для каждой проекции удобно задать свою систему координат с началом в характерной точке проекции, а не отсчитывать координаты от левого нижнего

угла формата. Так, для контура, показанного на рис. 2.4, за начало координат удобно взять точку 1.

Системы координат, создаваемые пользователем в процессе построений, называются *пользовательской системой координат* (User Coordinate System). Принятое сокращенное обозначение — ПСК (UCS). Создание ПСК осуществляется командой `UCS`. Эта команда имеет множество опций, из которых в черчении (построениях на плоскости) в основном необходимы опции **Move** (Перенести) или **Origin** (Начало), осуществляющие перенос начала координат в требуемую точку, применяется также опция `Z`, осуществляющая поворот вокруг оси *Z*. Остальные опции потребуются в трехмерной графике.

Текущая система координат определяется по пиктограмме ее осей. Признаком мировой системы координат является прямоугольник в начале координат или буква W в старом варианте пиктограммы осей (*см. разд. 4.6*).

- Найдите на экране пиктограмму осей вашего рисунка и определите, является ли она мировой или пользовательской.

Команду `UCS` можно найти в разделе **Tools** (Сервис) главного меню или непосредственно ввести ее имя с клавиатуры. Например, перенесем начало координат в точку с координатами (100,100):

- `ucs \ o` (опция **Origin**) `\ 100,100`.

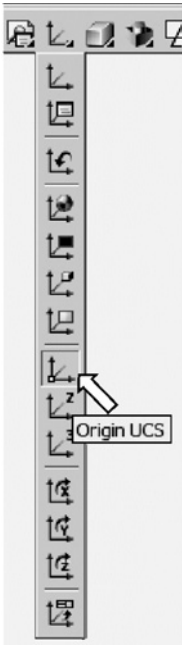


Рис. 2.3. Раскрывающаяся панель кнопок с опциями команды UCS

Квадрат в пиктограмме осей (или буква W в старой пиктограмме) исчез; это указывает, что система координат уже пользовательская. Координаты указанной точки стали равными (0,0), как точки нового начала координат.

Удобно пользоваться кнопками панели инструментов **UCS** (ПСК) (*см. разд. 1.3*). Оптимальным является вариант с внедрением дополнительной кнопки в панель **Standard**. Если такая кнопка отсутствует, то установите ее как сказано в *разд. 2.15*. При наличии указанной кнопки изменить начало координат можно следующим образом:

- в панели **Standard** укажите кнопку с изображением осей координат и нажмите левую кнопку мыши — откроется вертикальная группа кнопок (рис. 2.3). Не отпуская левую кнопку, переместите курсор вниз до кнопки с обозначением начала координат. Дождитесь подтверждения и отпустите кнопку мыши. После этого введите в командную строку координаты нового начала или укажите точку на экране.

Управление пиктограммой осей

Для удобства и наглядности работы рекомендуется задать режим, при котором пиктограмма осей разместится в начале координат. С этой целью выполните настройку:

- **View** \ **Display** (Показать) \ **Ucsicon** (Знак ПСК).

При указании в меню пункта **Origin** пиктограмма устанавливается в заданное начало координат (если в этой точке размещается пиктограмма). Если этот режим не задан, то пиктограмма помещается в левом нижнем углу экрана. Так делают в том случае, когда пиктограмма мешает построениям. Пиктограмму можно отключить — пункт меню **On** \ **Off**. Начало координат при этом не изменяется, но работать с отключенной пиктограммой ПСК не рекомендуется.

В том же разделе меню указание строки **Properties** (Свойства) вызывает диалоговое окно, позволяющее задать вид пиктограммы осей, ее размеры, толщину и цвет.

С командной строки пиктограмма управляется командой `UCSICON`.

2.6. Плоский контур

Построим изображение, показанное на рис. 2.4. Это может быть, например, чертеж прокладки из листового материала или план здания. Выполняя упражнение, обратите внимание на различные методы задания координат точек. У точек 1—7 координаты кратны единице, поэтому их удобно указать на экране курсором, включив режим шаговой привязки с шагом 1. Для то-

чек 8 и 9, а также для центра окружности, у которых координаты дробные, необходимо ввести координаты с клавиатуры.

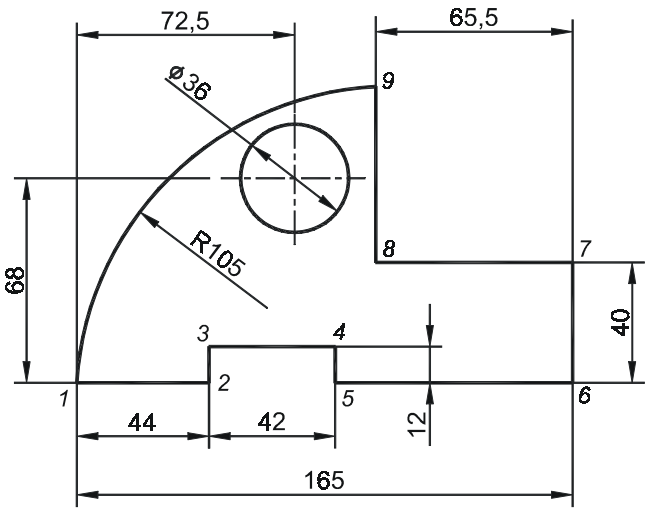


Рис. 2.4. Плоский контур как фрагмент чертежа

- Сотрите все с экрана выполнив: `erase` \ **All** \ ПЩ.
- Задайте толщину линии, равной 0.5—1 (*см. разд. 2.2*).
- Восстановите размеры исходного изображения: **View** \ **Zoom** \ **All**.

Координаты точек контура будем откладывать от точки 1. Перенесем в эту точку начало координат. Предположим, что плоский контур расположен на чертеже так, что точка 1 имеет координаты (100,100):

- `ucs` \ `or` \ 100,100.

Увеличьте область экрана в соответствии с размерами контура:

- **View** \ **Zoom** \ **Window** (Окно) \ −20, −20 \ 200,150;
- задайте шаг привязки и шаг сетки равными соответственно 1 и 5 (*см. разд. 1.7*);
- "горячими" клавишами <F7>, <F8>, <F9> включите соответственно сетку, режим **ORTHO** (Орто) и шаг.

Точка 1

- `line` \ переместите курсор — он должен перемещаться рывками с точностью до шага. Следите за координатами в статусной строке. Щелкните

левой кнопкой мыши, когда координаты станут равными (0,0). Если координаты не отслеживаются, нажмите <F6>.

Точки 2 и 3

- Перемещая курсор, следите за его координатами по показаниям статусной строки. Нажимая клавишу <F6>, добейтесь отображения декартовых координат. В нужный момент, в соответствии с размерами контура, укажите (зафиксируйте) точки щелчком левой кнопки мыши.

Точки 4 и 5

- Клавишей <F6> установите режим отображения приращений координат в статусной строке.
- Перемещайте курсор мыши. Точку 4 укажите тогда, когда в статусной строке будет 42.0 < 0 — это значение приращения и его угла с осью *X*, т. е. заданы 42 единицы приращения вдоль оси *X*.
- Точку 5 укажите при 11.0 < 270.

Точка 6

- Для последующих точек нажатием клавиши <F6> вновь установите режим отображения декартовых координат.
- Укажите точку 6 по ее координатам (165,0).

Точки 7, 8 и 9

Для построения этих точек рационально применить режим задания приращений координат к последней построенной точке. Этот режим включается, если ввести символ @. Если направление приращения фиксированное, т. е. задается режимами **ORTHO** или **POLAR**, то его удобнее указать перемещением курсора:

- для точки 7 введите с клавиатуры @0,40;
- для точки 8 введите @−65.5,0;
- для точки 9 включите режим **ORTHO** \ переместите курсор вверх \ введите 58.5 \ ПЩ.

Построение дуги

- `arc` \ <Shift>+ПЩ — задайте объектную привязку **Endpoint** (Конечная) и укажите точку 9 \ **End** (Конец) — ввести опцию задания конечной точки дуги \ 0,0 \ `R` — ввести опцию задания радиуса дуги \ 105.

Построение окружности ∅36 с центром в точке (72.4,68)

- `circle` \ 72.4,68 \ `D` \ 36 — контур построен.
- После завершения построения укажите кнопку **LWT** (Вес) в статусной строке — линия контура приняла заданную толщину. При повторном нажатии толщина отключается.

2.7. Промежуточное сохранение рисунка

Периодически необходимо сохранять рисунок, записывая его в файл на диск. Этим вы предотвратите потерю результатов своей работы в случае каких-либо сбоев системы. Для сохранения выполните:

- **File** (Файл) \ **Save** (Сохранить) — если вы ранее не присвоили имя файлу, т. е. сохраняете рисунок первый раз, то возникло диалоговое окно сохранения;
- в поле **Save in** (Сохранить в) откройте директорию, в которую сохраняете файл;
- в поле **File name** (Имя файла) введите с клавиатуры имя файла. Укажите **OK** и покиньте окно.

В результате будет создан файл рисунка.

При последующих сохранениях имя файла системой не запрашивается, а в ранее созданный файл заносится новая порция построений. Предыдущее содержание рисунка сохраняется в файле с тем же именем, но с расширением bak.

2.8. Размеры

Команды построения размеров сосредоточены в меню **Dimension** (Размеры) или в одноименной панели инструментов (рис. 2.5). Предусмотрены все виды размеров, применяемые при выполнении чертежа. В этом разделе мы рассмотрим основы простановки размеров. Дополнительные сведения приведены в *разд. 3.6.*

Рис. 2.5. Панель инструментов **Dimension**

Линейные размеры. Ассоциативность размеров

Проставим линейный вертикальный размер 40 для контура, приведенного на рис. 2.4:

❒ **Dimension** \ **Linear** (Линейный) или кнопка панели инструментов.

Возникло сообщение "Specify first extension line origin or <select object>" (Определите начало первой выносной линии размера или <укажите объект>). Смысл сообщения в том, что сейчас возможны два варианта действий. В первом нужно указать точки, между которыми проставляется размер, во втором варианте требуется указать объект, для которого система сама выделит характерный размер — расстояние между концами для отрезка, радиус или диаметр дуги или круга.

Рассмотрим второй вариант:

❒ нажмите клавишу <Enter> или П-щелкните;

❒ укажите правый вертикальный отрезок контура длиной 40.

На экране отслеживается размер, а в командной строке выведен перечень опций:

❒ укажите положение размерной линии — размер проставлен.

Полученный выше размер основан на принятии предложений системы. Такие размеры являются *ассоциативными*. При изменении размеров объекта обновляются связанные с ним ассоциативные размеры. Например, постройте отрезок, проставьте ассоциативный размер его длины. Ручками измените длину или положение отрезка, и автоматически изменится размер этого отрезка.

Ассоциативность имеет свои положительные и отрицательные стороны. Для предотвращения ассоциативности размера достаточно вместо объекта указать две его конечные точки, тогда размер не связан с объектом. Возможен промежуточный вариант, при котором указан объект, но перед указанием положения размерной линии задана опция `Text`, и размерное число введено с клавиатуры. В последнем варианте размер отслеживает форму объекта, но число остается неизменным. Ассоциативность размера можно отменить командой `DIMDISASSOCIATE`. Команда `DIMREASSOCIATE` позволяет придать ассоциативные свойства размеру, если они не были предусмотрены при создании этого размера.

Настройка размерных параметров

К размерным параметрам относятся величина стрелок, размещение и шрифт размерного числа и др. Эти параметры должны соответствовать действую-

щим стандартам. Различные варианты простановки размеров требуют настройки и корректировки размерных параметров.

Рассмотрите проставленный на контуре размер 40. Если он получился, как на рис. 2.4, то размерные параметры настроены верно, в соответствии с действующим ГОСТ 2.307. Если имеются отклонения, то нужно внести корректировки:

- **Dimension** \ **Style** (Стиль) или кнопка — возникло диалоговое окно, "путешествуя" по которому, можно выполнить настройки всех размерных параметров.

Пусть, например, высота размерного шрифта, стрелок и переход выносных линий за размерные оказались меньше требуемых значений в два раза. Эти параметры можно изменить одной корректировкой в диалоговом окне размерного стиля:

- **Modify** \ закладка **Fit** (Расположение) \ **Use Overall Scale Of** (Общий линейный масштаб) \ 2;
- **OK** — покиньте закладку **Fit** \ укажите **Set Current** (Сделать текущим) \ **Close** (Закрыть).

Внесенные корректировки будут учтены при простановке новых размеров. Для внесения их в ранее проставленные размеры выполните редактирование размеров (*см. разд. "Редактирование размеров" этой главы*).

Диаметр и радиус окружности. Маркер центра

Проставим диаметр окружности ∅36 контура, как на рис. 2.4:

- **Dimension** \ **Diameter** (Диаметр) или кнопка \ укажите окружность \ укажите положение размерной линии и размерного числа — проставлен ассоциативный размер диаметра окружности.

Если нужно, чтобы размер не был ассоциативным или ввести другое значение диаметра, например, ∅36.5, то после указания окружности выбирается опция **Text** (Текст), а затем с клавиатуры "%%C36.5", далее указывают положение размерной линии. Здесь "%%C" является клавиатурной кодировкой знака диаметра ∅, причем символ C должен быть латинским.

Подобным образом командой `DIMRADIUS` можно поставить размер радиуса дуги.

Для простановки диаметра окружности как линейного размера (рис. 2.6) применяют ту же кодировку. Вызовем команду из командной строки:

- `dimlinear` \ укажите диаметральные точки окружности с объектной привязкой **Quadrant** \ `t` \ `%%C36` \ укажите положение размерной линии.

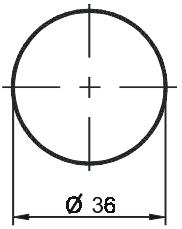


Рис. 2.6. Простановка диаметра окружности как линейного размера и маркировка центра

Согласно стандартам черчения центр окружности должен находиться на пересечении штрихов осевых линий. Если параметры линий не обеспечивают этого условия, то в центр ставят маркер — крестик. Также маркер может быть поставлен в центр дуги окружности, эллипса или его дуги:

- **Dimension** \ **Center Mark** (Центральный маркер) \ указать объект с применением объектной привязки **Center**;
- завершите простановку размеров для плоского контура, как показано на рис. 2.4.

Редактирование размеров

Если нужно внести изменения в проставленный размер, то применяют один из рассмотренных ниже вариантов редактирования.

Изменить параметры *всех* размеров какого-либо размерного стиля (например, величину стрелок, параметры шрифта, точность простановки размерного числа и др.) можно корректировкой этого стиля. Командой `LIST` (*см. разд. 2.13*) определите стиль, к которому относятся размеры, подлежащие редактированию, а затем редактируйте этот стиль:

- `list` \ укажите характерный размер \ в текстовом окне найдите имя размерного стиля;
- **Dimension** \ **Style** \ выполните корректировку размерных параметров стиля \ закройте окно настройки стиля — все размеры данного стиля автоматически обновятся с учетом внесенных изменений.

Изменить размерный текст, т. е. значение размерного числа или его шрифт, можно командой редактировании текста:

- **Modify** \ **Object** \ **Text** (Текст) \ **Edit** (Редактировать) \ указать редактируемое размерное число — возникли два окна редактирования. В верхнем окне можно изменить формат текста размерного числа, а в нижнем значение числа \ **OK** — покинуть редактор \ ПЩ — прервать команду.

Изменить положение размера, перенести точку его простановки, место размерного числа. Это редактирование эффективно осуществляется с помощью ручек (*см. разд. 2.3*):

- укажите какой-либо размер — возникли ручки;
- укажите нужную ручку и переместите ее в новое положение.

Изменение графических свойств размера — его цвета, слоя, типа линии и толщины — осуществляется как и для обычных объектов (*см. разд. 1.13*).

Применение команды `PROPERTIES` (*см. разд. 1.13*) позволяет выполнить редактирование любых параметров одного размера или группы размеров. Например, можно "перебросить" размеры с одного размерного стиля на другой, изменить любой размерный или графический параметр размеров.

2.9. Текст

Надписи на чертеже выполняются в соответствии с настройками, задаваемыми в гарнитуре шрифта. Гарнитура шрифта — это обобщенный параметр, включающий в себя собственно шрифт (конструкция букв) и условия его применения (высоту, наклон, сжатие и т. д.).

Настройка гарнитуры шрифта

По умолчанию установлена гарнитура `STANDARD`, обладающая наиболее простым шрифтом. Ее применять не рекомендуем. Для создания другой гарнитуры:

- **Format** \ **Text Style** (Стиль текста) \ **New** (Новый) \ ввести имя новой гарнитуры \ в окне **Font Name** (Имя шрифта) выбрать шрифт и посмотреть его образец справа в окне \ убедиться, что **Height** (Высота) установлена равной 0 \ **Apply** (Применить) \ **Close** (Закрыть).

Среди параметров гарнитуры есть высота шрифта. Рекомендуем задавать ее равной нулю. Это условность, подразумевающая, что при выполнении надписи данной гарнитурой высоту можно будет каждый раз задать в момент выполнения надписи. Иначе, если не ноль, высота считается заданной в гарнитуре.

Для выполнения чертежей рекомендуем применять шрифты Roman Simplex (romans.shx) или Arial. Для других целей можно выбрать более выразительный шрифт.

В рисунке можно создать несколько гарнитур шрифта и переходить от одной к другой.

Выполнение надписей

Для выполнения надписи вызываем команду DTEXT:

- **Draw \ Text \ Single Line Text** (Однострочный текст) — в результате в командной строке возникли опции формирования строки текста.

По умолчанию предлагается указать начальную точку текста и надпись — это основной вариант. Выполним его:

- укажите начальную точку текста;
- на запрос командной строки <Высота> можно ввести значение с клавиатуры или, перемещая курсор, задать ее наглядно, отследив высоту букв по длине "резиновой нити" и показаниям в статусной строке;
- аналогично (цифрой или отслеживанием) задайте угол наклона строки текста.

На экране возник прямоугольник, отражающий контур букв:

- вводите с клавиатуры текст и следите за ним на экране; для перевода строки нажмите <Enter>;
- укажите другую точку экрана и продолжайте ввод текста;
- для завершения ввода *дважды* нажмите <Enter>.

Другие опции команды DTEXT позволяют предварительно выбрать гарнитуру (из ранее созданных), а также поместить текст нужным образом, например, вписать между двумя заданными точками. Изучите их самостоятельно, вспомнив, как вызвать справку по команде.

Для выполнения надписей большого объема удобной является команда MTEXT, вызываемая по имени, либо в том же меню, что и команда DTEXT, или указанием кнопки панели инструментов **Draw**. Команда MTEXT позволяет в специальном диалоговом окне набрать и отредактировать текст, настроить его параметры. Изучите эту команду самостоятельно.

Редактирование текста

О редактировании графических свойств текста было сказано в *разд. 1.13*. Для редактирования содержания текста достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по строке и внести изменения в специальном диалоговом окне. Более полное редактирование можно выполнить командами, вызываемыми из меню **Modify \ Object \ Text** или командой PROPERTIES.

2.10. Штриховка

Штриховка применяется при выполнении разрезов и сечений на чертеже, а также в рисунках, как элемент заполнения. Контур штриховки должен быть

замкнутым, не иметь разрывов. Для выбора контура достаточно указать точку внутри него или указать объекты, ограничивающие контур:

- создайте контур для штриховки, например, круг, эллипс или прямоугольник. Можете заштриховать построенный плоский контур (см. рис. 2.4);
- **Draw** \ **Hatch** (Штриховка) или укажите кнопку ;
- в возникшем окне задайте тип штриховки и посмотрите образец выбранной штриховки;
- укажите режим определения области штриховки **Pick Points** (Выбрать точки);
- щелкните на экране внутри контура штриховки.

Система выделила контур штриховки прерывистой линией. Можете добавить к выбору другие области, указав точку внутри них.

Если контур системой не выбран, то, возможно, он имеет разрывы, которые нужно найти при большом увеличении изображения и устранить. Возможно также, что система не выявляет контур ввиду его сложной формы. В этом случае выберите в окне штриховки режим (нажмите кнопку) **Select Object** (Выбрать объекты) и укажите линии, ограничивающие контур штриховки. После выбора контура:

- завершите выбор П-щелчком;
- в возникшем диалоговом окне укажите **Preview Hatch** (Предварительный просмотр штриховки);
- если штриховка неудачна, внесите коррективы, изменив образец, масштаб или угол наклона. После этого вновь выполните **Preview Hatch** (Предварительный просмотр штриховки);
- если результат устраивает, укажите **Apply**. Иначе укажите **Cancel** (Отмена) — команда будет прервана;
- сотрите выполненную штриховку — она удаляется как единое целое.

Созданная штриховка "по умолчанию" является ассоциативной, т. е. привязанной к контуру. При изменении формы или положения контура штриховка изменяется соответствующим образом.

Для редактирования штриховки вызовите команду `HATCHEDIT` из меню **Modify** \ **Object** \ **Hatch** или примените команду `PROPERTIES`. Графические свойства редактируются как у всех объектов (*см. разд. 1.13*). Подробнее о выполнении и редактировании штриховки см. справочную информацию, которая вызывается при нажатии на кнопку **Help** диалогового окна штриховки.

2.11. Тип линии

В чертеже, наряду со сплошными линиями, применяют линии других типов: штрих-пунктирную (для проведения осей), штриховую (для невидимого контура) и др. В пакете AutoCAD предусмотрен большой выбор типов линий. Могут быть созданы свои типы линий.

Тип линии рассматривается как свойство объекта, такое же, как цвет, толщина и др. Любой объект может быть выполнен различным типом линии. В новом рисунке первоначально доступна лишь сплошная линия. Другой тип линии нужно загрузить в рисунок один раз на все время работы с этим рисунком.

Загрузка и установка новых типов линий

- **Format** \ **Linetype** (Тип линии) \ в возникшем окне укажите **Load** (Загрузи) \ в новом окне укажите образец нужной линии и **OK** \ последовательно загрузите типы линии center, dashed и dashed2.
- Укажите образец одной из загруженных линий, например — dashed.
- Укажите вверху окна кнопку **Current** (Текущий) \ **OK** — покиньте окно.

Итак, загружены новые типы линии и один из них установлен текущим. Применим их:

- нарисуйте какие-либо объекты (отрезок, круг, полилинию) — объекты будут выполнены новым типом линии.

Редактирование прерывистых линий

Изменить тип линии ранее созданного объекта, т. е. отредактировать тип линии, удобно через панель инструментов **Properties** (Свойства объектов) (см. рис. 1.7).

Если прерывистая линия видна как сплошная, то нужно увеличить или уменьшить шаг линии:

- **Format** \ **Linetype** \ в возникшем окне укажите **Details** (Показать детали) \ измените значение **Global scale factor** (Глобальный масштаб), задав его, например, равным 2 или 0.5 \ **OK**.

Изменился шаг у *всех* прерывистых линий рисунка. Командой `PROPERTIES` можно измененить шаг каждой линии в отдельности (*см. разд. 1.13*).

2.12. Слои

Слой — это группа объектов, которой можно присвоить единый цвет, тип линии, одной командой изменять эти свойства у всех объектов группы, временно убирать группу с экрана. Выполните:

- **Format** \ **Layer** (Слои) или кнопка панели инструментов **Layers** (Слои).

Возникло окно настройки слоев. Рассмотрим это окно (также см. рис. 3.3).

В центре окна находятся строки с именами слоев. Верхняя строка показывает наличие слоя с именем 0 (ноль) — это исходный, начальный слой, обладающий рядом особых свойств. Другие слои могут отсутствовать. Кнопка **Help** осуществляет доступ к справочной информации по работе со слоями. Изучите ее.

Создание нового слоя

- В верхней части окна управления слоями укажите кнопку или **New** (Новый) — возникла строка нового слоя с именем **Layer** (Слой). Можете согласиться с предложенным именем или изменить его.

В результате возникла строка с именем нового слоя.

Свойства слоев

Каждый слой имеет *имя* (name). Слой, на который в данный момент помещаются создаваемые объекты, называется *текущим* (current). Чтобы сделать слой текущим, нужно в окне настройки слоев указать строку слоя и кнопку . Имя текущего слоя указано вверху окна.

На строке каждого слоя после имени слоя перечислены его свойства. Слой может быть *включен* (колонка **On** (Вкл), знак) или *выключен* (указать тот же знак и "погасить лампочку"), слой может быть *разморожен* (колонка **Freeze** (Заморозить), знак) или *заморожен*. Слой имеет *цвет* (**Color**) и *тип линии* (**Linetype**), *толщину линии* (**Lineweight**), которые присваиваются объектам этого слоя. Слой можно заблокировать (**Lock**), и в этом случае объекты слоя защищены от случайного нежелательного редактирования. Имеется еще ряд свойств слоя, они приведены во второй части строки слоя. В частности, это избирательное замораживание слоя в видовом окне, рассмотренное далее в *разд. 6.4*.

Чтобы объекты слоя были на экране, слой должен быть включен и размороженен. Чтобы объекты исключить из работы, слой нужно заморозить. Если слой разморожен, но выключен — объекты в работе, но их не видно (например, они закрывают расположенные за ними объекты при удалении невидимых линий командой HIDE). Эта ситуация с объектами-призраками нужна крайне редко. Поэтому пусть слои будут *всегда включены*, а для управления видимостью будем их замораживать или размораживать.

Для изменения свойств слоя необходимо указать в строке слоя значок изменяемого свойства и либо его активизировать, либо погасить. Помимо диалогового окна основными свойствами слоев удобно управлять посредством панели инструментов **Layers** (Слои) (рис. 2.7), применение этой панели показано в *разд. 6.4*.

Рис. 2.7. Панель инструментов **Layers**

Зависимые и независимые от слоя свойства объектов

Свойства объектов (*см. разд. 1.13*) (цвет, тип линии, толщина и др.) могут быть заданы BYLAYER (По слою). В этом случае объект будет иметь свойства того слоя, на котором он расположен. Если свойство указано иначе, например, цвет красный, то объект будет иметь это свойство независимо от свойств "своего" слоя.

2.13. Список свойств объекта

Пусть необходимо узнать координаты концов отрезка, толщину и имя слоя, которому он принадлежит. Эту и другую информацию можно вывести на экран по команде LIST:

- **Tools** \ **Inguiry** (Сведения) \ **List** (Список) \ укажите какой-либо примитив на экране \ ПЩ.

Выведен список данных примитива. Для того чтобы вернуть экран в графический режим, нажмите клавишу <F2> .

2.14. Сложные линии

Полилиния

Полилиния (или *ломаная линия*) может быть составлена из отрезков прямых или дуг окружности (рис. 2.8). Звенья могут иметь различную, в том числе плавно изменяемую толщину. Как правило, полилиния применяется в тех случаях, когда составляющие ее звенья необходимо представить как единое целое, например, для особых условий редактирования — единообразного сопряжения в угловых точках, сглаживания.

а) *б*)

Рис. 2.8. Полилиния:
а — из линейных сегментов;
б — из линейных и дуговых сегментов переменной толщины

Полилинию можно вызвать из меню **Draw** \ **Polyline** (Полилиния), можно указать кнопку панели инструментов или ввести имя команды с клавиатуры. Воспроизведите пример замкнутой полилинии из линейных сегментов:

- `pline` \ (<F1> — справка по команде) \ укажите точки согласно рис. 2.8, *а* \ ПЩ.

Постройте полилинию, имеющую линейные и дуговой сегменты переменной толщины (рис. 2.6, *б*). Это может быть логотип фирмы:

- `pline` \ 60,100 \ `w` \ 2 \ 2\ @22<0 \ `w` \ 4 \ 4 \ @30,36 \ `w` \ 5 \ 12 \ @25,-65 \ `a` (опция построения дугового сегмента)\ `w` \ ПЩ \ 0 \ @52<170 \ ПЩ.

Узлы полилинии можно редактировать ручками:

- укажите полилинию, затем укажите одну из ручек и переместите ее \ <Esc> \ <Esc>.

Редактирование всех параметров полилинии выполняется командой `PEDIT`. Вызовите команду `PEDIT` и наведите по ней справку.

Мультилиния

Это специальная линия, которая применяется, главным образом, при выполнении планов на строительных чертежах. Создается командой `MLINE`. На рис 2.9 показаны примеры редактирования мультилиний в местах пересечений.

Постройте две пересекающиеся мультилинии (рис. 2.9, *а*):

- `mline` \ укажите первую точку \ опцией `Scale` задайте толщину линии \ указывайте следующие точки \ ПЩ — прервите команду;
- постройте вторую линию;
- **Modify** \ **Object** \ **Multiline** (Мультилиния) \ в возникшем диалоговом окне укажите тип пересечения \ **OK** \ укажите мультилинии вблизи их пересечения (рис. 2.9, *б*), воспроизведя пространственное переплетение полос.

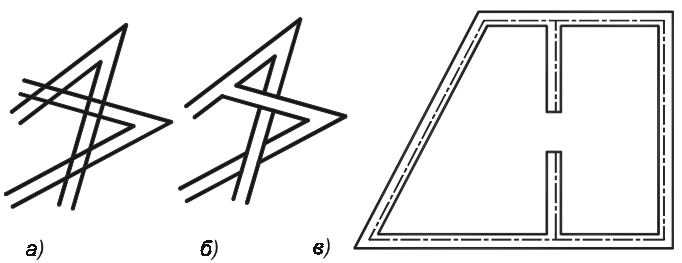


Рис. 2.9. Мультилинии и их редактирование:
а — исходные линии; *б* — редактирование пересечений; *в* — план помещения

Команда `MLSTYLE` позволяет создавать мультилинии различного наполнения. Это могут быть дополнительные линии, в том числе линии разного типа и цвета, возможна заливка или штриховка внутренней части линии. На рис. 2.9, *в* показана мультилиния, содержащая осевую (базовую) линию, смещенную к внутреннему контуру.

Сплайны

Сплайн — упругая линия, проведенная между заданными точками (рис. 2.10). Сплайны применяют при построении плавных линий сложной формы. В черчении, например, этой линией удобно строить линии обрыва изображений или разрезов:

- `spline` или кнопка \ укажите несколько вершин сплайна \ в завершение команды предлагается задать направления в конечных точках ли-

нии, можно согласиться с предлагаемыми вариантами, нажав три раза <Enter>, либо курсором указать направления касательных в начальной и конечной точках сплайна.

Рис. 2.10. Сплайн

Сплайны удобно редактировать ручками. В полной мере редактирование сплайна осуществляется командой `SPLINEDIT`.

Области

Область (region) — тип плоского объекта, обладающего рядом особых свойств. Области создают командой `REGION` для объединения линий в единый контур, необходимый для выдавливания (команда `EXTRUDE`) или визуализации — закраски или тонирования. При визуализации командой `SHADE` (*см. разд. 4.3*) области закрашены со стороны, видимой на момент создания области, с другой стороны области прозрачны.

Области можно складывать, вычитать, пересекать, формируя сложные контуры. Рассмотрим простой пример.

- Командой `RECTANG` постройте два прямоугольника, пересекающих друг друга (рис. 2.11, *а*).

Преобразуйте их в области:

- **Draw** (Рисование) \ **Region** (Область) или кнопка \ укажите прямоугольники \ ПЩ.

Объединим области:

- **Modify** (Редакт) \ **Solids Editing** (Редактирование тел) \ **Union** (Объединение) \ укажите прямоугольники \ ПЩ — создана область с суммарными границами (рис. 2.11, *б*).

Отмените объединение и выполните вычитание областей, применив команды `SUBTRACT` и `INTERSECT`:

- `subtract` \ укажите прямоугольник (уменьшаемое) \ ПЩ \ укажите второй прямоугольник (вычитаемое) \ ПЩ — будет получена разность (рис. 2.11, *в*);

- отменив вычитание, выполните пересечение областей. Пересечение оставляет область, общую для пересекаемых областей (рис. 2.11, *г*).

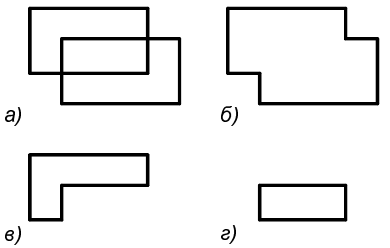


Рис. 2.11. Редактирование областей:
а — исходные области; *б* — объединение; *в* — вычитание; *г* — пересечение

Свойства области можно придать любому замкнутому объекту — полилинии, кругу, эллипсу. Область можно создать из отрезков, дуг и других незамкнутых объектов, состыкованных в конечных точках. Если к области применить команду `EXPLODE`, область распадается на отрезки или дуги. Подробнее см. справку по команде `REGION`.

2.15. Некоторые настройки пакета

Предусмотрена возможность настроить AutoCAD с учетом возможностей компьютера, особенностей выполняемых построений и личных вкусов. Для тех же целей можно создать новые панели инструментов.

Рассмотрим некоторые наиболее простые настройки, выполняемые командой `OPTIONS`. Эту команду удобно вызвать из выпадающего меню:

- **Tools** \ **Options** (Настройка) — возникло диалоговое окно настройки, содержащее ряд закладок.

Цвет экрана

Укажите закладку **Display** (Дисплей). В возникшем окне найдите кнопку **Colors** (Цвета). Цвет экрана задается независимо для режимов **Model** или **Paper**, для этого нужно указать либо поле **Model Tab**, либо **Layout Tabs**. Можно выполнить настройку цвета и других элементов интерфейса, выбрав элемент из списка **Window Element** (Элемент окна). Это может быть командная строка, курсор мыши и др.

Выбрав элемент экрана, укажите поле **Color** (Цвет) и в нем — один из основных цветов. При указании строки **Select Color** (Выбрать цвет) раскрывшегося списка возникает окно **Select Color** (Выбор цвета), содержащее ряд

закладок. Указав закладку **Index Color**, можете выбрать цвет по образцу из набора 256 цветов. Закладка **True Color** позволяет задать "истинный цвет", выбрав его из 16 млн. цветовых оттенков. Закладка **Color Books** позволяет выбрать цвет из стандартных палитр.

Выбрав цвет, укажите кнопки **OK** и **Apply & Close** (Применить и закрыть) — цвет будет применен к элементу экрана.

Максимальная контрастность и насыщенность изображения достигается при черном фоне. Однако при построениях чертежа для соответствия фона цвету бумаги и сохранения зрения (!) рекомендуем задавать цвет экрана белым.

Другие настройки, выполняемые командой *OPTIONS*

С той же закладки **Display** вы можете вызвать экранное меню, которое содержит более полный, чем выпадающее меню, набор команд, но занимает часть экрана, поэтому его применяют редко. Можете задать шрифт для командной строки, размер перекрестия курсора мыши. Можно настроить отображение страницы печати и строки закладок листа.

Закладка **System** (Системные настройки) содержит группу настроек, из которых отметим включение или отключение стартового окна при открытии нового файла.

Закладка **User Preferences** (Настройки пользователя) позволит вам настроить режим правой кнопки мыши (например, установить его как в предыдущих версиях пакета).

Закладка **Selection** (Выбор) позволяет настроить размеры и цвет ручек, указателя мыши, определить назначение клавиши <Shift> при выборе объектов.

Остальные настройки требуют более глубокого знания пакета и будут частично рассмотрены в последующих главах.

Дополнительные кнопки панелей инструментов

Рассмотрим, как с помощью команды `TOOLBAR` добавить новые кнопки в панели инструментов. Например, добавим в панель **Standard** кнопку, создающую раскрывающуюся панель опций команды `UCS` (см. рис. 2.3):

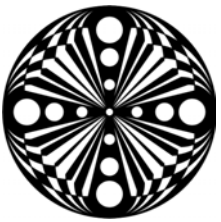
- **View \ Toolbars** (Панели инструментов) — открылось диалоговое окно **Customize** (Настроить), содержащее ряд закладок. Активной является закладка **Toolbars** (Панели инструментов);
- перейдите на закладку **Commands** (Команды). На этой закладке слева в окне **Categories** (Категории) укажите предпоследнюю строку **Flyouts** (Раскрывающиеся панели инструментов);

- справа в окне **Commands** (Команды) прокрутите список, содержащий кнопки панелей команд. Найдите кнопку команды `UCS` и перетяните кнопку в панель инструментов **Standard** (Стандартная), отпустите кнопку мыши. Если впоследствии понадобится удалить кнопку с панели, откройте диалоговое окно **Customize** (Настройка) и перетяните кнопку обратно.

При работе с трехмерной графикой часто требуется корректировка вида. Чтобы в дальнейшем не "путешествовать" по меню и не вызывать специальные панели инструментов, рекомендуем установить в панель **Standard** кнопку команды `3DORBIT` и кнопку раскрывающейся панели стандартных видов (пункт **Flyouts**).

Другие возможности команды `TOOLBAR` определяются остальными закладками ее диалогового окна **Customize** (Настройка). Так, закладка **Toolbars** (Панели инструментов) позволяет создавать новые панели инструментов, **Properties** (Свойства) — создавать новые кнопки, **Keyboard** (Клавиатура) — настраивать удобные сочетания клавиш для выполнения команд.

Глава 3



Чертеж детали. 2D-технология

Познакомившись с построением основных графических объектов, а также элементами интерфейса пакета AutoCAD, рассмотрим последовательность разработки "компьютерного" чертежа на примере рабочего чертежа несложной машиностроительной детали.

3.1. Преимущества компьютерной технологии

Если вы хотя бы немного чертили на бумаге, то вспомните огорчения, связанные с неправильным выбором формата чертежа или неудачной компоновкой, когда на ватмане не хватило места для дополнительного изображения или простановки размеров. В итоге чертеж, бывает, нужно строить заново.

Компьютерная технология устраняет подобные проблемы. Выполняя чертеж на компьютере, вы имеете *большие возможности редактирования изображений*, позволяющие в любой момент перенести, скопировать, удалить, изменить масштаб, заменить формат. В вашем распоряжении совершенный электронный рисовальщик, позволяющий провести безукоризненные линии, идеально выполнить надписи, упростить простановку размеров и т. д.

Следующее неудобство "бумажно-карандашной" технологии связано с применением масштаба при построении чертежа маленькой или, наоборот, большой детали: прежде чем нанести линию на чертеже, приходится постоянно умножать размер детали на масштаб. При выполнении "компьютерного" чертежа можно избежать этого осложнения. Уже известные вам средства позволяют отобразить на экран весь объект или его фрагмент любых размеров, больших или малых. Поэтому можно *строить изображения в истинных размерах*. Когда изображения построены, их можно легко привести к нужному масштабу и разместить внутри рамки необходимого формата.

И, наконец, AutoCAD может сам строить проекции, разрезы и сечения, определять видимость линий контура. Необходимо только создать объемную модель детали или узла и применить к ней соответствующие команды построения плоских изображений. Это современные 3D-технологии проектирования и черчения. Они будут рассмотрены в последующих главах.

В этой главе мы займемся традиционной технологией, согласно которой чертеж строит конструктор или проектировщик, сам, по черточкам, создавая набор плоских изображений детали: ее виды, разрезы, сечения и другие необходимые для чертежа изображения. Реалистичная объемная модель объекта присутствует лишь в сознании конструктора. Этот традиционный подход сейчас называют 2D-технологией проектирования и построения чертежа. Теоретической основой 2D-технологии является начертательная геометрия.

Независимо от того, как получен чертеж — карандашом на бумаге или на компьютере, по 2D или 3D-технологии, — он должен отвечать требованиям *Единой Системы Конструкторской Документации* (ЕСКД) к оформлению чертежа.

С учетом изложенных особенностей рекомендуем следующую последовательность построения чертежа в пакете AutoCAD.

1. Подготовительный этап — анализ формы детали и настройка режимов построения.
2. Построение изображений в истинных размерах, т. е. в масштабе 1:1.
3. Масштабирование и компоновка построенных изображений внутри формата (рамки) чертежа.
4. Простановка размеров, корректировка толщины линий, выполнение штриховки и надписей.
5. Вывод на печать.

3.2. Подготовительный этап

Как правило, чертеж детали выполняется на основе чертежа узла. В этом случае нужно мысленно выделить деталь из всего узла, представив ее пространственную форму и размеры. Чертеж может создаваться для уже имеющейся детали. И в этом случае нужно проанализировать форму, мысленно разбив деталь на геометрически простые элементы. На этой основе определяются содержание и формат создаваемого рабочего чертежа детали.

Анализ формы детали

Необходимо выявить, какие изображения должен содержать чертеж детали. Из них нужно выбрать главный вид, дающий наиболее полное представление о форме детали. Например, деталь, изображенная на рис. 3.1, состоит из

пустотелого тонкостенного цилиндра с внутренней резьбой. Снаружи выполнен шестигранный фланец, по углам которого просверлены отверстия. Ребра фланца имеют притупления. Чертеж детали, показанный на рис. 3.2, должен содержать вид спереди — он же главный вид, вид сверху и два выносных элемента для пояснения отверстий, расположенных во фланце. Для выявления внутренней формы необходим фронтальный разрез, который ввиду симметрии детали следует совместить с половиной вида спереди.

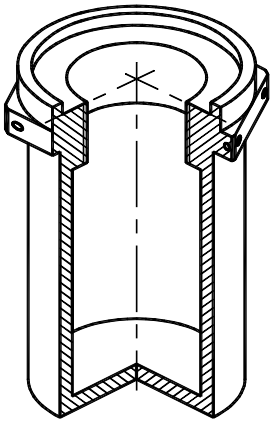


Рис. 3.1. К анализу формы детали

Варианты построения чертежа

AutoCAD имеет два пространства построений — пространство модели и пространство листа. Пространство модели предназначено для размещения объектов модели, пространство листа — для организации вывода на печать. Подробно работа с пространствами, особенно при трехмерных построениях, будет рассмотрена в *гл. 6*. При построениях на плоскости наличие двух пространств делает возможным ряд вариантов выполнения чертежа.

Вариант 1

Основной и рекомендуемый фирмой Autodesk. Изображения (виды, разрезы и т. д.) строят в пространстве модели в истинных размерах, т. е. в масштабе 1:1. Затем на листе строят рамку и штамп требуемого формата. На листе, внутри рамки, создают набор видовых окон, отображающих проекции из пространства модели (т. е. окно для вида спереди, окно для вида сверху и т. д.). Отображение в окнах задается командой `ZOOM` с учетом масштаба чертежа и масштаба его отдельных изображений. Видовые окна размещают с учетом проекционной связи и другими требованиями к компоновке чертежа.

На печать чертеж выводят с листа. Этот вариант является наиболее гибким, но требует определенной квалификации пользователя, умения свободно оперировать пространствами.

Вариант 2

Предусматривает построение чертежа полностью в пространстве модели, включая масштабирование изображений, построение рамки и штампа, размещение изображений внутри рамки формата. Затем весь чертеж через единственное видовое окно отображается в пространство листа и с листа выводится на печать. Необходимость печатать с листа, а не из пространства модели, обусловлена некоторыми сложностями передачи толщины линий и рядом других причин, для преодоления которых и создано пространство листа.

Согласно второму варианту изображения в пространстве модели первоначально создают в истинных размерах, т. е. в масштабе 1:1, затем, при размещении внутри рамки формата их масштабируют командой SCALE. В целом, второй вариант проще первого, хотя и менее гибок. Он чаще применяется на практике. Мы его рекомендуем для несложных чертежей, особенно на начальном этапе освоения AutoCAD.

Возможны и другие варианты. Например, чертеж строят полностью на листе, либо изображения строят в пространстве модели, а размеры проставляют на листе и т. д. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и не лишен недостатков.

В нашем примере мы остановимся на втором варианте выполнения чертежа, т. е. весь чертеж сформируем в пространстве модели, а вывод на печать выполним из пространства листа. Поэтому:

- ❒ убедитесь, что закладка **Model** (Модель) активна и в левом углу чертежа видна пиктограмма осей координат в виде стрелок, иначе — активизируйте указанную закладку.

Задание шага, сетки, лимитов

При задании настроек следует помнить, что построения будут выполняться в истинных размерах. В связи с небольшими размерами детали, рассматриваемой в качестве примера, для ее чертежа (рис. 3.2) следует задать шаг привязки равным 1, шаг сетки 5 или 10. Изображения, выполненные в истинных размерах, с учетом промежутков, необходимых для простановки размеров, можно разместить на прямоугольной области толщиной приблизительно 200 и длиной 250 мм. Округлим эти размеры до размеров формата А4, которые зададим в качестве лимитов — границ изображения: левый нижний угол (0,0), правый верхний (210,297).

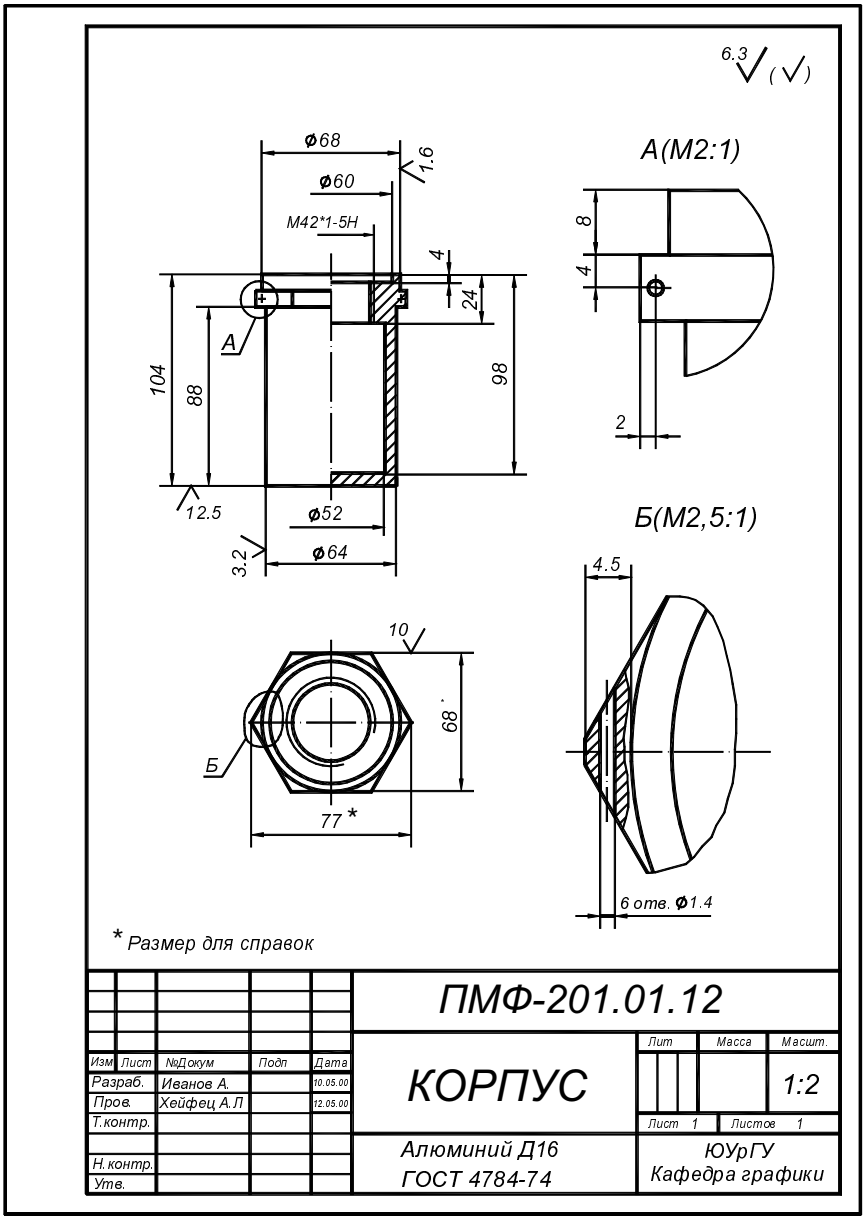


Рис. 3.2. Чертеж детали

Если деталь крупная и имеет размеры порядка 1000×1000, то рассматриваемые параметры необходимо увеличить в 10 раз, например, шаг 10, сетка 50,

лимиты (0,0) и (4000,3000). Соответственно для деталей малых размеров все параметры необходимо уменьшить. Итак:

- **Tools** (Инструменты) \ **Drafting Settings** (Параметры построений) \ в одноименном диалоговом окне задайте шаг 1 и сетку 5 (*см. разд. 1.7*);
- **Format** (Формат) \ **Drawing Limits** (Пределы рисования) \\ 0,0 \ 210,297;
- отобразите область, ограниченную лимитами, на экран: **View** (Вид) \ **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все);
- клавишей <F7> включите сетку — часть экрана, соответствующая области формата А4, покрыта сеткой.

Задание слоев

На рис. 3.3 показана основная часть диалогового окна настройки слоев. В окне отображены необходимые для нашего чертежа слои и их параметры. Назначение слоев ясно из их названия. Имена слоев могут быть русскими или английскими. Желательно, чтобы имена отражали назначение размещенных на этих слоях объектов. Для слоя *Оси* (его можно назвать *Axis*) загрузите и установите штрихпунктирную линию. Для слоя *Контур* установите толщину основной линии чертежа равной 0.7—1 мм.

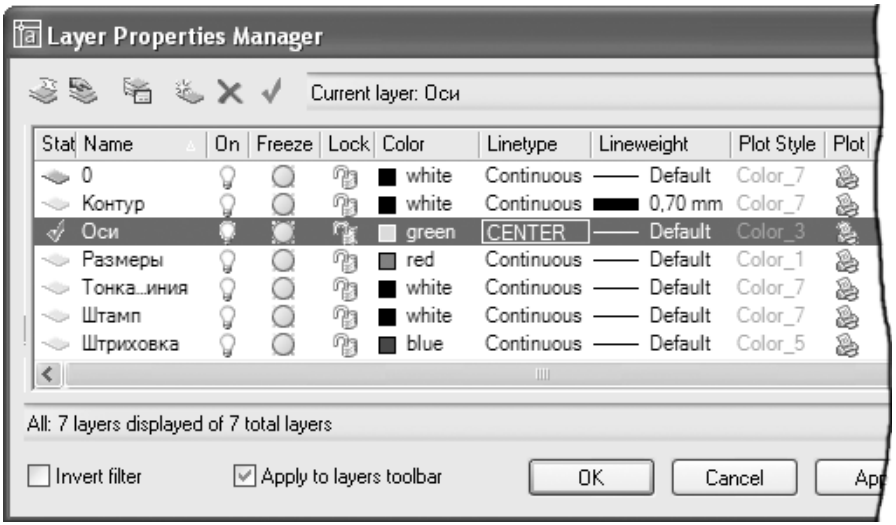


Рис. 3.3. Диалоговое окно настройки слоев

Задайте слоям цвет, например, для линий контура — белый (на белом фоне он станет черным), а для размеров — красный:

- **Format** (Формат) \ **Layer** (Слои) \ создайте необходимые слои так, как на рис. 3.3, и настройте их параметры (*см. разд. 2.12*);
- убедитесь, что цвет, тип и толщина линий заданы как BYLAYER (По слою) (см. рис. 1.7).

3.3. Построение изображений

Приведем рекомендации, позволяющие существенно ускорить построения и повысить их точность.

1. При наличии симметрии применяйте команду MIRROR (Зеркало). Повторяющиеся объекты не стройте заново, а копируйте командами COPY (Копируй), ARRAY (Массив). Для построения фасок и сопряжений примените команды CHAMFER (Фаска) и FILLET (Сопряги).
2. Активно применяйте команды TRIM (Обрежь), EXTEND (Удлини до границ), BREAK (Разорви). Для исправления ошибок — команды MOVE (Перенеси), ERASE (Сотри) и UNDO (Отмени).
3. Для построения каждого изображения (вида, разреза и т. д.) на чертеже установите оптимальную систему координат, применив команду UCS (ПСК).

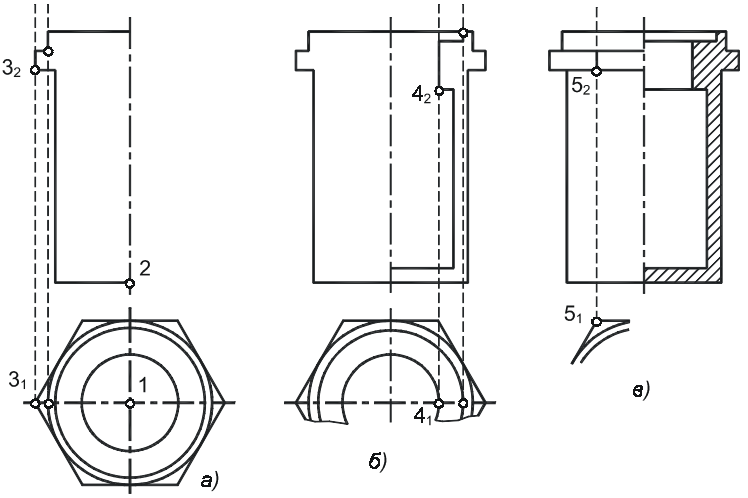


Рис. 3.4. Последовательность построений и задание проекционной связи на основе режима OTRACK

4. Применяйте шаговую и объектную привязки, а также режим объектного слежения OTRACK.

Чертеж детали (см. рис. 3.2) следует начать с разметки осей, затем построить вид сверху, далее — вид спереди и выносные элементы. Ниже рассмотрены характерные моменты создания этих изображений. Обратите внимание на применение режима объектного слежения OTRACK, который позволяет строить точки чертежа на основе проекционной связи между видами. Пример применения этого режима дан при построении вида спереди (рис. 3.4).

Построение осей

- Клавишей <F9> включите шаг (*см. разд. 1.7*). Сделайте текущим слой *Оси*.
- Клавишей <F8> включите режим ортогональных построений ORTHO.
- Проведите отрезки вертикальной и горизонтальной осевых линий (рис. 3.4, *а*). Длину осей задайте "с запасом". В дальнейшем оси обрежем "по месту". Отрегулируйте длину штриха осевой линии (*см. разд. 2.11*).

Вид сверху

Сейчас действует мировая система координат (МСК). Установим другую систему координат, удобную для построения вида сверху, с началом в точке 1 (см. рис. 3.4, *а*):

- ucs \ Or \ с применением объектной привязки **Intersection** (Пересечение) укажите точку 1 пересечения осей — пиктограмма осей координат переместилась в указанную точку.

Строим элементы вида сверху — окружность ∅68 и шестиугольник, описанный относительно этой окружности:

- сделайте текущим слой *Контур* и увеличьте область вида сверху: **Zoom** (Зуммирование) \ **Window** (Окно);
- circle \ 0,0 \ d \ 68;
- polygon \ количество сторон задайте равным 6 \ центр задайте в точке 0,0 \ ПЩ \ в контекстном меню выберите пункт **Circumscribed about circle** (Вокруг окружности) \ переместите курсор вниз — отслеживается шестиугольник \ задайте радиус окружности 34.

Постройте еще две окружности, концентричные первой, найдя их диаметры на чертеже.

Вид спереди. Режим объектного слежения

Задайте новую систему координат, удобную для построения вида спереди. Для этого переместите начало координат вверх на 40—50 мм:

- ucs \ or \ 0,50 — пиктограмма переместилась в точку 2.

Отрезками прямой линии постройте левую половину наружного контура (см. рис. 3.4, *а*). Точки контура можно указывать курсором при включенном режиме шаговой привязки, контролируя значения координат по статусной строке, но лучше вводить координаты точек с клавиатуры. Применим клавиатурный ввод, взяв значения координат с рис. 3.2. Обратите внимание на построение точки 3_2. Она находится в проекционной связи с точкой 3_1, найденной ранее на виде сверху. Для реализации проекционной связи следует применить режим объектного слежения командой OTRACK:

- кнопками **ORTHO** (ОРТО), **OSNAP** (ПРИВ) и **OTRACK** (ОТС-ОБЪЕКТ) включите режимы ортогональных построений, объектной привязки **Endpoint** (Конечная) и режим объектного слежения;
- line \ 0,0 \ −32,0 \ @0,88 \ коснитесь курсором точки 3_1 (см. рис. 3.4, *а*) и переместите курсор вверх — тянется вертикальная линия слежения, при выходе на уровень точки 3_2 появится горизонтальная линия слежения и точка пересечения линий слежения \ зафиксируйте точку пересечения линий слежения левым щелчком мыши \ @0,8 \ −34,96 \ −34,104 \ 0,104 \ ПЩ — построена левая часть наружного контура вида спереди.

Владение режимом объектного слежения **OTRACK** существенно ускоряет построения. На рис. 3.4 показан еще ряд точек, при построении которых рекомендуем применить режим объектного слежения.

Для завершения вида спереди примените команду MIRROR и получите правую половину контура (см. рис. 3.4, *б*). Далее постройте внутренний контур, у которого точку 4 и ряд других задайте в режиме объектного слежения. Завершите изображение построением недостающих линий наружного и внутреннего контура (см. рис. 3.4, *в*). Здесь удобно применить команду EXTEND, задав в качестве границы удлинения вертикальную осевую линию. Точку 5_2, задающую положение ребра шестигранника на виде спереди, постройте в режиме **OTRACK** по проекционной связи с видом сверху.

Выносной элемент

Выносной элемент — это дополнительное, увеличенное изображение какой-либо части детали, требующей пояснений формы. Для выполнения выносного элемента нужно скопировать поясняемую часть вида на свободное поле, увеличить изображение, провести линию обрыва и командой TRIM удалить ненужную часть скопированного изображения.

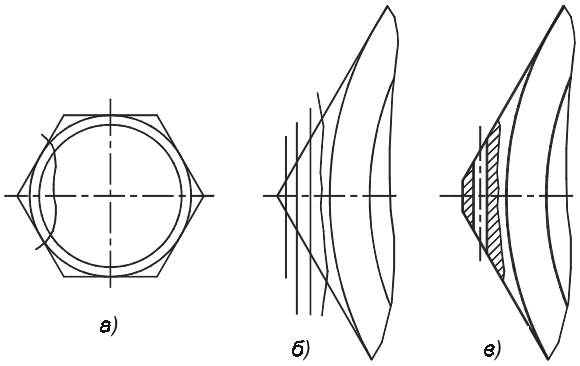


Рис. 3.5. Построение выносного элемента

Рассмотрим подробнее построение выносного элемента Б, показанного на рис. 3.2:

- скопируйте вид сверху в правую часть экрана (см. рис. 3.5, *а*);
- для удобства и точности построений увеличьте необходимую часть скопированного изображения, кнопка ;
- перейдите на слой с именем *Тонкая* и полилинией (`PLINE`) \ короткими линейными сегментами постройте линию обрыва — границу выносного элемента, как показано на рис. 3.5, *б*. Линия должна быть плавной. Линию также можно построить как сплайн-кривую (команда `SPLINE`).

Используем линию обрыва для удаления ненужной части скопированного изображения и одновременно обрежем выступающие части самой линии:

- `trim` \ на запрос "Выберите режущие кромки" укажите линию обрыва и шестигранник \ ПЩ \ на запрос "Выберите объект, который нужно обрезать" последовательно укажите линии, подлежащие подрезке — части окружностей, многогранника, концы линии обрыва. Указывайте ту часть линий, которую нужно отрезать \ ПЩ.

Построим притупление шестигранника и продольный контур отверстия (см. рис. 3.4, *г*):

- дополнительно увеличьте, воспользовавшись кнопкой , изображение подрезанного выносного элемента;
- перейдите на слой *Контур* и постройте отрезки прямых, определяющие притупления углов шестигранника и контуры отверстий; размеры найдите на рис. 3.2;
- на слое *Тонкая*, так же как строили линию обрыва, проведите границу местного разреза;

- вновь примените команду TRIM и удалите ненужные части линий контура и границы разреза;
- на слое *Оси* добавьте ось отверстия. На слое *Штриховка* выполните штриховку разреза (рис. 3.5, *в*).

3.4. Форматирование и компоновка

На данном этапе будущий чертеж содержит все необходимые изображения, выполненные в истинных размерах, т. е. в масштабе 1:1. Далее необходимо определить формат чертежа, построить рамку и штамп этого формата. Затем выполнить компоновку чертежа, т. е. расположить изображения внутри рамки формата в необходимом масштабе.

Выбор формата

Формат, т. е. габаритные размеры чертежа, выбирают из предусмотренных ГОСТ 2.301-81, учитывая сложность изображений, необходимость их уменьшения или увеличения, оценивая количество размеров, которое предстоит поставить. Решение о выборе формата и масштабов не является критичным. "Примерив" один формат или масштаб, можно легко перейти к другому.

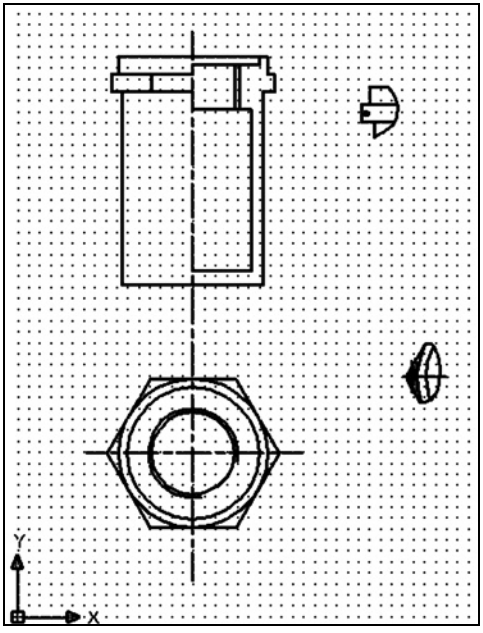


Рис. 3.6. Изображения чертежа перед его форматированием

Чертеж детали, рассматриваемой в качестве примера, в данный момент имеет вид, показанный на рис. 3.6.

❒ Выведите на экран сетку, нажав клавишу <F7>.

Область, занятая сеткой, отражает лимиты чертежа, которые были настроены в соответствии с форматом А4 (210×297). Предполагаем, что этот формат можно применить к выполняемому чертежу. Для выделения места под размеры основные виды необходимо уменьшить (ближайший масштаб уменьшения 1:2), а выносные элементы для их наглядного восприятия нужно увеличить в 2 или 2.5 раза. Если позднее, при компоновке чертежа наше предположение о размере формата не подтвердится, мы перейдем на следующий по величине формат, т. е. на А3.

Вставка рамки и основной надписи

Выбрав формат чертежа, нужно построить рамку и основную надпись (штамп). Их обычно вставляют командой `INSERT` из файла, в котором они предварительно созданы и сохранены. Предположим, что имеется файл с именем a4.dwg, содержащий рамку и штамп формата А4:

❒ сделайте текущим слой *Штамп*;

❒ перейдите в мировую ПСК: **Tools** \ **UCS** (ПСК) \ **World** (Мировая);

❒ **Insert** (Вставка) \ **Block** (Блок) \ в диалоговом окне указать **File** (Файл), найти и указать файл a4.dwg \ **OK**;

❒ указать точку вставки (0,0) \ согласиться с остальными предложениями системы;

❒ при отсутствии специального файла воспользуйтесь шаблонами AutoCAD из директории Template. Наконец, можно сгенерировать рамку и штамп командой `MVSETUP`.

Масштабирование изображений и компоновка чертежа

После построения рамки и штампа необходимо масштабировать изображения и разместить их внутри рамки формата. Значения масштаба должны соответствовать ГОСТ 2.302-81. При масштабировании важно не нарушить проекционной связи между видами и не разрушить изображения. Как было решено, для нашего чертежа виды спереди и сверху нужно уменьшить вдвое, а выносные элементы увеличить в 2 или 2.5 раза:

❒ **Modify** (Редакт) \ **Scale** (Масштаб) \ выберите все элементы вида сверху и вида спереди, а также осевые линии \ ПЩ \ в качестве базовой точки укажите точку, расположенную приблизительно в середине между проекциями \ введите значение масштаба, равное 0.5 — это масштаб 1:2.

В результате виды уменьшены в два раза. Между ними сохранена проекционная связь.

При увеличении выносных элементов базовые точки назначайте так, чтобы масштабирование не привело к наложению изображений. Если что-то не получилось, примените несколько раз команду отмены действия UNDO.

Размещение изображений внутри рамки формата осуществляют командой переноса MOVE. Если при перемещении необходимо сохранить проекционную связь, то включите режим **ORTHO**. Для простановки размеров и выполнения надписей оставьте между изображениями и от изображений до рамки расстояние не менее 20—30 мм.

3.5. Завершение построений

Осталось выполнить штриховку, надписи и проставить размеры и др. Это немало и до завершения чертежа еще далеко.

Штриховка

Штриховка разрезов и сечений выполняется в соответствии с ГОСТ 2.306-81. Тип штриховки назначается в зависимости от материала детали. Наклон штриховки для большинства материалов составляет 45°, расстояние между параллельными линиями штриховки 2—4 мм. Параметры штриховки детали для всех ее изображений на чертеже должны быть одинаковыми.

Выполнение штриховки рассмотрено в *разд. 2.10*. При задании параметров штриховки рекомендуем установить для металлов тип (**Type**) штриховки **Predefined** (Предопределенный) с **Pattern** (Рисунком) **ANSI31** и углом наклона **Angle** (Угол) 0 или 90°, или **LINE** с углом ±45°. Для них следует задать масштаб штриховки **Scale** (Масштаб) равным 0.75—1. Удобно применять тип штриховки **User Defined** (Определенная пользователем), для которой явно задается угол ±45° и шаг штриховки **Spacing** (Шаг), равный 2—4.

Для штриховки неметаллов "в клеточку" можно применить **ANSI37** или **User Defined** (Определенная пользователем), указав, в последнем случае, **Double** (Двойная).

Учитывая, что шаг штриховки при масштабировании изменяется, штриховку нужно выполнять после масштабирования изображений. Если штриховка уже была выполнена, то после масштабирования ее следует отредактировать (а не создавать заново), скорректировав шаг.

- ❒ Перейдите на слой *Штриховка* и выполните или отредактируйте штриховку (*см. разд. 2.10*).

Задание и корректировка толщины линии контура

Толщина линий видимого контура определена свойствами слоя, на который эти линии помещены. В нашем примере это слой *Контур*, для которого задана толщина 0.7—1. Осталось включить кнопку **LWT** (Вес) в статусной строке. Если нужно продолжить построения, то кнопку следует выключить, поскольку толстые линии осложняют построения, и включить окончательно перед выводом на печать.

Для изменения толщины всех линий контура нужно скорректировать значение толщины для слоя в целом. Если для каких-либо линий контура толщина не устанавливается, то убедитесь в том, что линия расположена на слое *Контур* и имеет толщину **Bylayer** (По слою). Для этого достаточно указать линию и посмотреть информацию о слое в панели инструментов **Layers** (Слои) (см. рис. 2.7), о типе линии — в панели **Properties** (Свойства) (см. рис. 1.9). Иначе отредактируйте свойства этих линий (*см. разд. 1.13*).

При работе в пространстве модели и нажатии кнопки **LWT** все линии могут иметь избыточную или недостаточную толщину. В этом случае необходима дополнительная корректировка толщины изменением величины экранного масштаба как сказано *в разд. 2.2*.

- ❒ Включите кнопку **LWT** (Вес) в статусной строке. Посмотрите чертеж при заданной толщине линий. Отрегулируйте значение толщины линий контура.

Изображение резьбы

Резьба изображается в соответствии с ГОСТ 2.311-68 сплошной тонкой линией, проведенной вдоль контура на расстоянии 0.8—1.5 мм от него. Пример изображения внутренней резьбы показан на рис. 3.2 на видах спереди и сверху. Для получения дуги, изображающей резьбу на виде сверху (см. рис. 3.2), нужно построить круг, а затем разорвать его командой BREAK. Как и штриховку, резьбу рационально изобразить после масштабирования изображений. Линия резьбы должна быть тонкой, поэтому поместите ее на слой для тонких линий.

Выполнение надписей

Надписи на чертеже выполняют преимущественно командой DTEXT, задав предварительно рекомендуемую гарнитуру шрифта (*см. разд. 2.9*). Пример заполнения основной надписи (штампа) показан на рис. 3.2. Кроме того, следует обозначить виды, разрезы, сечения и выносные элементы в соответствии с порядком их обозначения по ГОСТ 2.305.81 (в нашем примере требуется обозначить два выносных элемента). Для этих надписей высота шриф-

та должна составлять 5—7 мм. Следует также выполнить надпись *"Размеры для справок"*, помещаемую над штампом и имеющую такую же высоту шрифта, как и у размерных чисел, т. е. 3—5 мм.

Не забудьте предварительно увеличить область чертежа, в которой выполняется надпись.

Оформление прерывистых линий

- Командой BREAK или ручками в режиме **ORTHO** добейтесь того, чтобы осевые линии выступали за контур изображения на 3—5 мм.
- Настройте линейный масштаб, обеспечив шаг осевой линии в пределах 10—20 мм (*см. разд. 2.11*).

3.6. Простановка размеров

После того как изображения построены и скомпонованы на формате, переходите к простановке размеров. Необходимо повторить *разд. 2.8*, в котором приведены общие сведения о размерах в AutoCAD.

Правила нанесения размеров

Количество размеров на чертеже должно быть достаточным для изготовления и контроля изделия. Согласно ГОСТ 2.307-68 не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1—5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Размерные параметры (длина стрелок, высота шрифта размерного числа и др.) должны быть одинаковыми по всему чертежу.

Руководствуясь приведенными требованиями, приступим к простановке размеров. Проставим размеры в соответствии с образцом на рис. 3.1.

Общие рекомендации по простановке размеров

Существуют многочисленные варианты простановки размеров в AutoCAD. Мы советуем придерживаться следующих рекомендаций.

Размеры проставляйте после того, как построены все изображения, составляющие чертеж, и выполнено их масштабирование. Также желательно до простановки размеров выполнить компоновку чертежа, т. е. разместить

масштабированные изображения внутри рамки формата. Это позволит по возможности равномерно распределить размеры по полю чертежа, учесть особенности простановки, связанные с масштабом изображения.

Для группы размеров, относящихся к изображениям одного масштаба, создайте свой размерный стиль. В нашем примере можно создать три размерных стиля. Первый для размеров, проставляемых на основных изображениях, где масштаб равен 1:2, второй и третий стили — для выносных элементов разного масштаба. Размерные стили должны отличаться значением линейного масштаба, формирующего размерное число при ассоциативных размерах, или подсказку этого числа при неассоциативных.

Рекомендуем в данной работе применять неассоциативные размеры, т. е., посмотрев подсказку размерного числа, задать опцию **Text** и ввести число с клавиатуры. Это сосредоточит внимание на значении проставляемого размера. Поскольку неассоциативный размер сохраняет свое значение при корректировке масштаба чертежа, то можно изменять масштаб изображения вместе с проставленными на нем размерами, не опасаясь, что изменятся размерные числа, либо потребуется их дополнительная корректировка.

Создание нового размерного стиля

Откройте диалоговое окно **Dimension Style Manager** (Настройка размерного стиля). Его можно найти в меню **Format** (Формат) или **Dimension** (Размер), либо вызвать командой `DIMSTYLE`, либо кнопкой панели инструментов **Dimension** (Размер):

- `dimstyle` — возникло диалоговое окно настройки размерного стиля.

При создании нового рисунка в окне настройки размерного стиля, как правило, содержится один стиль **ISO-25**, который не в полной мере соответствует требованиям ГОСТ 2.307. Корректировать исходный стиль не следует — он фирменный. Создадим новый размерный стиль, взяв исходный стиль за основу. В новом стиле отменим отступ выносной линии от контура, скорректируем величину стрелок и выступ выносной линии, изменим тип шрифта и снизим точность проставляемого размерного числа:

- если в окне настройки присутствуют несколько исходных стилей, то укажите стиль **ISO-25** \ укажите кнопку **New** (Новый) \ в диалоговом окне в поле **New Style Name** (Имя нового стиля) задайте имя нового стиля, например, 1 \ **Continue** (Продолжить) — в верхней части окна появились закладки, указывая которые можете настроить требуемые параметры;
- укажите закладку **Lines and Arrows** (Линии и стрелки) \ в поле **Extension Lines** (Выносные линии) задайте значение параметра **Extend Beyond Dim Lines** (Выступ линии за размерную) в интервале от 2 до 4 \ задайте **Offset From Origin** (Отступ выносной линии от контура) равным 0 \ в поле

Arrowheads (Параметры стрелок) задайте значение **Arrow Size** (Размер стрелки) в интервале от 4 до 5 \ **OK**;

- укажите закладку **Text** (Текст) \ задайте **Text Style** (Стиль текста), указав в нем тип шрифта Arial или Tahoma, Romans, GOST type B \ установите **Text Height** (Высоту шрифта) от 3 до 5 \ **OK**;
- укажите закладку **Primary Units** (Основные единицы) \ задайте **Precision** (Точность) равной 0.0 или 0 и **Round off** (Округление) равным 0 \ **OK**;
- укажите **Set Current** (Установить текущим) \ **OK** — стиль будет создан и установлен как текущий.

Подобным образом создайте еще ряд стилей. Но теперь за основу нужно взять свой собственный, настройки которого в значительной мере переходят в другие стили. Дополнительная корректировка может быть связана с необходимостью изменения линейного размерного масштаба.

Настройка размерного линейного масштаба

При простановке размеров AutoCAD определяет и предлагает размерное число. Его значение равно расстоянию между размерными точками на экране, умноженному на коэффициент, называемый *линейным масштабом*. По умолчанию он равен 1, что при выполнении чертежа в истинных размерах соответствует масштабу изображения 1:1. Если изображение подверглось масштабированию, то линейный масштаб необходимо задать как величину, обратную масштабу. Иначе будут проставлены *размеры изображения*. Это недопустимо, т. к. требуется указать *истинные размеры* детали.

Например, на чертеже (см. рис. 3.2) виды спереди и сверху выполнены в масштабе 1:2. При простановке размеров на этих видах линейный масштаб нужно задать равным 2. Для выносного элемента А, имеющего масштаб 2:1, значение линейного масштаба должно быть равным 0.5. Для элемента Б, масштаб которого 2.5:1, коэффициент линейного масштаба должен быть равным 0.4.

Для настройки линейного масштаба выполните:

- **Dimension** (Размер) \ **Style** (Стиль) \ указать применяемый размерный стиль \ **Modify** (Изменить) \ закладка **Primary Units** \ в окне **Scale Factor** (Коэффициент) установить необходимое значение.

Размеры с односторонней стрелкой

Размеры с односторонней стрелкой выполняются на разрезах, совмещенных с видом. На рис. 3.2 — это размеры на виде спереди: М42, ∅60 или ∅52. Возможны два варианта простановки таких размеров.

Первый вариант — расчленение размера. Нужно проставить "обычный" двухсторонний размер, затем расчленить его командой EXPLODE и удалить лишние графические элементы. Этот вариант прост, однако расчлененный размер перестает быть "размером" как особым примитивом и не подлежит дальнейшему редактированию размерным стилем; его составляющие переносятся на слой 0. Вариант допустим при небольшом количестве подобных размеров на чертеже.

Второй вариант — создание нового размерного стиля, в котором необходимо подавить вторую (по порядку указания) выносную линию и вторую стрелку:

- **Dimension** \ **Style** \ **New** \ задайте имя нового стиля, например, Diam_1\ **Continue**;
- откройте закладку **Lines and Arrows** \ найдите **Dimension Lines** (Размерные линии), а в нем поля **Suppress Dim Line 2** (Удалить размерную линию 2), **Extension Lines** (Выносные линии) и **Suppress Ext Line 2** (Удалить выносную линию 2) \ **OK**;
- перейдите к закладке **Primary Units**, **Linear Dimensions** (Линейные размеры), **Prefix** (Префикс) — ввести в окно %%C (это кодировка знака ∅, буква С должна быть латинской) \ **OK**;
- **Set Current** \ **OK**.

Остальные настройки размерного стиля были рассмотрены в *разд. 2.8*.

3.7. Знак шероховатости. Блок с атрибутом

Построив один раз знак шероховатости (рис. 3.7), можно затем его копировать в новое место, редактируя текст размерного числа. При большом объеме простановки этого знака целесообразно выполнить его как блок.

Рис. 3.7. Знак шероховатости

Блок — это группа объектов, которая может быть многократно вставлена в рисунок (*см. гл. 11*). В состав блока могут входить любые графические примитивы, а также текст, называемый *атрибутом*. Переопределение блока приводит к изменению изображений на всех его вставках. Применение блоков позволяет сокращать объемы файлов.

Рассмотрим создание блока с атрибутом на примере знака шероховатости:

- перейдите на слой *Размеры*;
- на свободном месте чертежа вычертите знак в соответствии с его размерами, которые можно найти в любом справочнике по черчению;
- **Draw** \ **Block** (Блок) \ **Define Attributes** (Определить атрибуты) — возникло диалоговое окно создания атрибута \ в поле **Tag** (Название атрибута) введите "Nn" \ в поле **Prompt** (Подсказка) введите "Значение шероховатости" \ задайте **Value** (Значение) равным 3.2 \ в **Insertion Point** (Точка вставки) включите кнопку **On-screen** (На экране) \ в поле **Text Options** (Параметры текста) задайте параметры шрифта, которым будет выполнено значение параметра \ **OK**;
- укажите курсором точку вставки атрибута относительно знака — в указанном месте появился атрибут Nn;
- скорректируйте положение атрибута командой `MOVE`;
- **Draw** \ **Block** \ **Make** (Создать) — возникло окно создания блока \ в поле **Block Name** (Имя блока) введите имя блока, например, "Знак" \ в поле **Base Point** (Базовая точка) укажите кнопку **Pick Point** (Привязать к точке) и укажите на экране острие знака, применив объектную привязку **Endpoint** (Конечная точка) \ укажите кнопку **Select Objects** (Выбор объектов) — укажите на экране изображение знака и его атрибут \ **OK** — блок создан.

Для простановки знака шероховатости достаточно вставить созданный блок:

- **Insert** (Вставить) \ **Block** — возникло диалоговое окно **Insert** \ раскройте список **Name** (Имя) имеющихся в рисунке блоков и укажите имя блока, в нашем примере — "Знак", — на экране возник контур знака, перемещаемый курсором мыши;
- установите знак в место его простановки; согласитесь с предлагаемыми значениями масштабов. Задайте необходимый угол поворота знака и введите значение атрибута.

В результате обозначена шероховатость одной из поверхностей.

Созданный блок хранится в рисунке. Можно вывести его в отдельный файл и затем вставлять в другие рисунки. Для сохранения блока во внешнем файле:

- **File** (Файл) \ **Export** (Экспорт) \ тип файла — найдите и укажите **Block (*.dwg)** \ введите имя файла \ укажите директорию для записи файла \ укажите имя блока, записываемого в файл \ сохраните.

Для вставки блока из внешнего файла вновь примените команду `INSERT`.

С учетом особенностей простановки знака шероховатости, например, для различных пространственных положений, могут понадобиться несколько различных блоков.

3.8. Вывод чертежа на печать

Если к компьютеру подключен принтер, то печать выполняется непосредственно из пакета. Если принтера нет, то нужно установить драйвер принтера, на котором предполагается распечатка, и вывести результаты из пакета в файл. Затем перенести файл (на дискете или по сети) на компьютер, к которому подключен принтер и распечатать. Пакет AutoCAD на втором компьютере не требуется.

Рассмотрим пример распечатки чертежа на струйном или лазерном принтере, предназначенном для работы с форматом А4. Это большинство офисных и домашних принтеров.

Отображение чертежа из пространства модели на лист

Вывод на печать рекомендуется выполнять из пространства листа, которое для этого и предназначено. Если чертеж, как в рассмотренном выше примере, выполнен в пространстве модели, то перед выводом на печать следует отобразить его в пространстве листа.

- Укажите закладку **Layout1** — произойдет переход в пространство листа, признаком которого является треугольная пиктограмма осей координат. Если появилось диалоговое окно с настройками режима печати (ACAD 2004), то согласитесь с его предложениями, нажав **OK** — эти настройки выполним позднее.

Весь чертеж или его часть виден через дежурное видовое окно. Размеры видового окна необходимо задать равными формату чертежа. Для этого проще удалить дежурное окно и создать новое:

- если рамка окна не видна, то она совпадает с границами экрана. В этом случае панорамируйте, указав кнопку , изображение так, чтобы стала видна рамка, затем удалите окно командой ERASE, указав рамку — изображение чертежа временно исчезло;
- **View** (Вид) \ **Viewports** (Видовые окна) \ **1Viewport** (1 видовое окно) \ 0,0 \ 210,297 — создано новое видовое окно с размерами формата А4, в котором виден чертеж из пространства модели; для формата А3 координаты второй точки окна должны быть (420,297);
- zoom \ **All** (Все) — видовое окно отображено в границах экрана;
- двойным щелчком по области окна перейдите в пространство модели — в углу окна возникла пиктограмма ПСК в виде осей координат;
- zoom \ **Scale** (Масштаб) \ **1xp** — между пространствами листа и модели установлен масштаб отображения 1:1;

- панорамированием совместите наружную рамку формата и рамку видового окна;
- вернитесь на лист, для этого можно двойным щелчком указать точку вне границ окна. Возникла треугольная пиктограмма ПСК — чертеж подготовлен к выводу на печать.

Печать чертежа

Предварительно выполните следующее:

- по виду пиктограммы ПСК (треугольник) убедитесь, что установлен режим листа, или перейдите в этот режим;
- убедитесь, что подготовленный к печати чертеж выполнен черными линиями на белом фоне, иначе цветные линии будут передаваться как серые;
- включите кнопку **LWT** (Вес) отображения толщины линий чертежа.

Дальнейшие действия для версий AutoCAD 2004 и AutoCAD 2005 несколько различны. Рассмотрим оба варианта.

Чертеж формата А4, версия AutoCAD 2004

1. **File** (Файл) \ **Plot** (Печать) — возникло диалоговое окно **Plot**, содержащее две закладки: **Plot Device** (Устройство печати) и **Plot Settings** (Настройки печати).
2. Укажите закладку **Plot Device** (Устройство печати). В поле **Plotter Configuration** (Конфигурация устройства) задайте принтер, на котором будет выполняться печать. Если принтер подключен к компьютеру, то он, как правило, отражен в окне задания принтера. Другой принтер нужно найти в окне раскрывающегося списка.
3. Если печать предполагается на другом компьютере, то активизируйте кнопку **Plot to File** (Печать в файл), задайте директорию и имя файла.
4. Укажите закладку **Plot Settings** (Настройки печати). В ней установите книжную ориентацию изображения на странице

.
5. Убедитесь, что размер бумаги установлен как формат А4 или задайте этот формат.
6. Установите в качестве единиц измерения "мм". Прочтите размер области печати.

Комментарий

Область печати всегда меньше, чем размер листа. Например, для принтера HP DeskJet 690C размер области составляет 276×201. Учитывая, что высота внутренней рамки формата А4 равна 287 мм, приходим к выводу, что чертеж формата А4 не может быть полностью выведен на лист А4. Потребуется некоторое уменьшение.

7. Задайте область, подлежащую выводу на печать. Для этого укажите кнопку **Window** (Окно) и на экране охватите *внутреннюю* рамку формата чертежа

Комментарий

Внутреннюю рамку нужно указывать независимо от того, каков формат чертежа: А4 или А3. Перед указанием углов рамки следует увеличить область отображения .

8. В поле **Plot Scale** (Масштаб печати) задайте масштаб печати как **Scaled to Fit** (Вписать). В этом варианте масштаб будет определен автоматически. В нашем примере он составит приблизительно 1:1.05, т. е. 0.95.
9. В поле **Plot Offset** (Отступ печати) задайте отступ чертежа по оси *X* равным 15—18 мм.
10. Укажите кнопку **Full Preview** (Полный предварительный просмотр).

Комментарий

В окне просмотра убедитесь, что внутренняя рамка формата А4 полностью отображена на листе, при этом левое поле чертежа составляет приблизительно 20 мм, а правое — 5 мм. При выводе формата А3 правое поле контролируется по второй части чертежа. Применяя кнопки управления изображением, проверьте правильность передачи толщины линий чертежа. Для завершения просмотра укажите клавишу <Esc> — произошел возврат в диалоговое окно настройки печати. Если просмотр выявил недостатки настройки печати, устраните их и повторите просмотр.

11. **OK** — чертеж отправлен на печать или подготовленные результаты сохранены в файл.

Чертеж формата А4, версия AutoCAD 2005

1. **File** (Файл) \ **Plot** (Печать) — возникло диалоговое окно **Plot**.
2. В правом нижнем углу окна **Plot** (Печать) укажите стрелку — раскроется правая часть окна с дополнительными опциями.
3. В поле **Printer / Plotter** (Принтер / Плоттер) задайте принтер, на котором будет выполняться печать. Принтер можно найти в окне раскрывающегося списка поля **Name** (Название).
4. Если печать предполагается осуществить на другом компьютере, то активизируйте кнопку **Plot to File** (Печать в файл).
5. В **Drawing Orientation** (Ориентация рисунка), расположенном в правой нижней части окна, установите ориентацию рисунка **Portrait** (Портрет).

6. В поле **Paper Size** (Размер листа бумаги) установите формат A4. В поле предварительного просмотра **Partial Preview** (Частичный просмотр) прочтите размеры листа, они должны быть 210 мм на 297 мм. Установив курсор на окно предварительного просмотра, прочтите размер области печати (см. комментарий к п. 6 для AutoCAD 2004).
7. В поле **Plot Area** (Область печати) задайте область, подлежащую выводу на печать. Для этого в списке **What to Plot** (Что печатать) укажите **Window** (Окно). Если этот выбор был ранее сделан, то укажите расположенную рядом кнопку **Window** (Окно). На экране охватите *внутреннюю* рамку формата (см. комментарий к п. 7 для AutoCAD 2004).
8. В поле **Plot Scale** (Масштаб печати) задайте масштаб печати. Для этого в поле **Scale** (Масштаб) установите первоначально масштаб 1:1. В этом случае в окне предварительного просмотра показана красная полоса, сигнализирующая, что выводимый чертеж не размещается в области печати принтера. Поэтому в поле **Units** (Единицы) введите значение 1.03—1.05, добиваясь исчезновения указанной красной полосы в окне предварительного просмотра. Чем меньше введенное значение **Units** (Единицы), тем ближе масштаб напечатанного чертежа к 1:1. При значении, равном 1.05, масштаб чертежа после вывода на печать составит 1:1.05, т. е. 0.95. Таков вынужденный масштаб уменьшения при условии полного размещения чертежа на листе бумаги A4 на выбранном принтере.
9. В поле **Plot Offset** (Отступ печати) задайте отступ чертежа по оси X равным 15—18 мм.
10. Укажите кнопку **Preview** (Предварительный просмотр). О предварительном просмотре — см. комментарий к п. 10 для AutoCAD 2004.
11. После завершения настроек укажите кнопу **Apply to Layout** (Применить) — настройки будут сохранены и привязаны к текущей закладке листа.
12. **OK** — чертеж отправлен на печать. Если был задан режим сохранения в файл, то откроется диалоговое окно, в котором следует задать директорию и имя файла.

Вывод в масштабе 1:1

Если уменьшение масштаба при выводе на печать нежелательно, то выше, в п. 8, нужно задать масштаб 1:1. Распечатать придется на два листа с последующей их склейкой. Область печати на втором листе должна быть задана со смещением по оси Y, в интервале от -10 до -20.

Чертеж формата A3

Очевидно, что при использовании принтера с размером бумаги A4 чертеж можно распечатать как минимум на двух листах. Повторите предыдущую

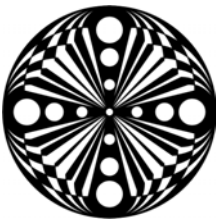
последовательность действий — будет распечатана или сохранена в файл левая часть чертежа.

Для распечатки правой части вновь вызовите окно печати и, *не изменяя области чертежа и масштаба*, задайте смещение по оси $X = -180$. Повторите предварительный просмотр, контролируя размещение на странице правой границы рамки. Отрправьте правую часть чертежа на печать или в файл. При выводе в файл задайте имя файла для правой части чертежа.

Вывод на печать из файла

Допустим, результаты были сохранены в файл с именем name (с расширением plt или prn). Для вывода этого файла на печать достаточно выполнить команду "`copy name.prn /B prn`" или "`copy name.prn /B LPT1:` ". Выполнить команду можно из командной строки ОС Windows или из оболочки Norton Commander или ей подобной.

Глава 4



Набор средств трехмерной графики

Трехмерная компьютерная графика позволяет создавать пространственные реалистичные модели объектов. Объектами могут быть детали, узлы машин, здания самой сложной формы и др. Трехмерная графика пакета AutoCAD обладает возможностями наглядной фотореалистичной визуализации, позволяя воспроизводить материалы, моделировать свет и тени. Роль трехмерной графики в последние годы существенно возросла в связи с появлением 3D-технологий проектирования, согласно которым чертежи, необходимые для изготовления объектов, могут быть получены на основе моделей этих объектов почти в автоматическом режиме, т. е. нужно создать модель, а ее чертеж AutoCAD построит сам (или почти сам).

В данной главе на примере построения несложной геометрической композиции рассматриваются ключевые приемы работы с трехмерными объектами AutoCAD.

❒ Загрузите пакет и начните новый рисунок.

4.1. Среда для пространственных построений

В AutoCAD предусмотрено два пространства построений — пространство модели, в котором создаются (и "существуют") пространственные объекты, и пространство листа, предназначенное для оформления и вывода изображений на печать (*см. разд. 6.1*).

Прежде чем приступить к построению модели, необходимо выполнить настройки каждого пространства, обеспечивающие точность и наглядность построений.

Настройка пространства модели

Построения в пространстве модели ведутся в истинных размерах моделируемых объектов. С учетом размеров модели настраиваются лимиты, шаг перемещения курсора и отображаемая на экране сетка.

Лимиты чертежа

Это второстепенный параметр, определяющий условные границы пространства, на котором допускается выполнять построения. Лимиты задаются двумя противоположными углами прямоугольника на плоскости МСК. По умолчанию лимиты выключены. Если их включить, то система будет сигнализировать и не допускать построений при выходе за границы этого прямоугольника. В любой момент лимиты можно переопределить, включить или выключить. Кроме того, лимиты определяют границы сетки в МСК, а также область экрана, отображаемую по команде **View** (Вид) \ **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все).

Предположим, что моделируемые объекты имеют небольшие размеры и могут быть размещены на площади длиной 170 и шириной 120 мм. Тогда для пространства модели следует задать шаг 1, ячейку сетки 5 или 10, лимиты (0,0) и (170,120). Итак:

- укажите закладку **Model** (Модель) в строке закладок — активизировано пространство модели, пиктограмма осей координат имеет вид стрелок (*см. разд. 1.1*);
- задайте шаг 1 и сетку 5: **Tools** (Инструменты) \ **Drafting Settings** (Режимы рисования) (*см. разд. 1.7*);
- задайте лимиты: **Format** (Формат) \ **Drawing Limits** (Лимиты) \ 0,0 \ 170,120;
- отобразите область, ограниченную лимитами, на экран: **View** (Вид) \ **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все);
- клавишей <F7> или кнопкой **GRID** (Сетка) включите сетку — часть экрана, соответствующая заданной области, покрыта сеткой. Отключите сетку теми же кнопками.

Построим параллелепипед длиной 100, шириной 35 и высотой 70 мм:

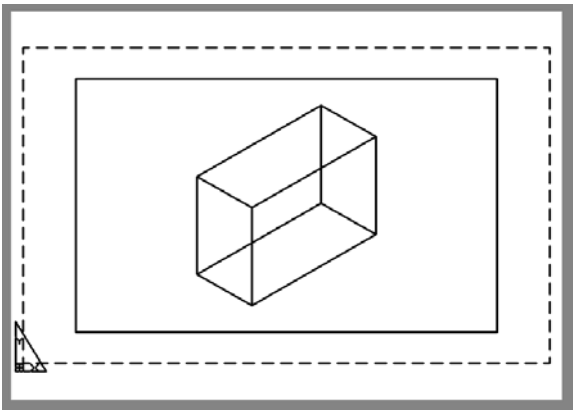
- **Draw** (Рисование) \ **Solids** (Тела) \ **Box** (Ящик) \ 30,30 — это координаты левого ближнего нижнего угла \ @100,35,70 — это координаты противоположного угла в режиме приращений.

Результат

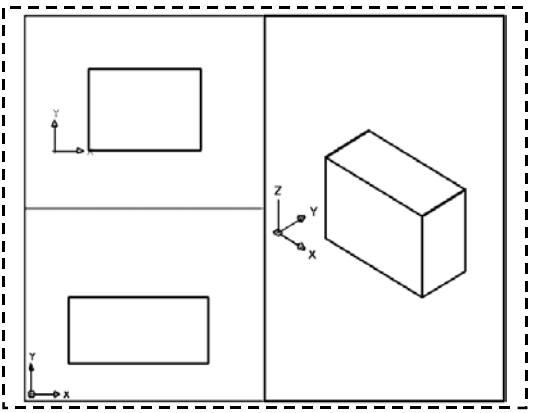
Параллелепипед построен, но его объем не воспринимается, так на экране отображается вид сверху.

Зададим наглядное аксонометрическое изображение:

- **View \ 3D View \ SW-Isometric** (SW-Изометрия) — получено изображение в изометрии (рис. 4.1, *а*).



а)



б)

Рис. 4.1. Отображение параллелепипеда в дежурном видовом окне пространства листа (*а*) и в конфигурации трех видовых окон (*б*)

Настройка пространства листа

Настройки пространства листа предусматривают знание формата и размеров бумаги, на который предполагается вывод на печать. Сейчас зададим эти настройки предварительно, предполагая печать на страницу формата А4. Позд-

нее настройки можно скорректировать на любой другой формат. О выводе на печать изображений пространственных моделей сказано в *разд. 6.8*.

Для наглядности восприятия отобразим на листе сразу три проекции объекта: вид спереди, вид сверху и изображение в аксонометрии.

Переход в пространство листа

- Укажите кнопку **MODEL** (Модель) в статусной строке или закладку **Layout1** (Формат1) в строке закладок.

При первом переходе из пространства модели в пространство листа может возникнуть (в версии AutoCAD 2004) диалоговое окно **Page Setup** (Настройка страницы) настройки параметров печати. Поскольку мы решили эти настройки отложить, согласитесь с предложенными настройками — нажмите **OK**.

Результат

На экране отображен параллелепипед из пространства модели. В зависимости от действующих настроек может быть отображена страница листа (см. рис. 4.1, *а*), внутри которой прерывистой линией показана область печати.

Отображение страницы и области печати может понадобиться при выводе на печать. Сейчас, на этапе построения модели, отображение страницы и области печати рекомендуем отключить:

- **Tools** \ **Options** (Настройка) \ откройте закладку **Display** (Дисплей) и в поле **Layout Elements** (Элементы закладок) выключите переключатели: **Display Printable Area** (Показывать область печати), **Display Paper Background** (Показывать основу листа).

Удаление дежурного окна. Создание новых видовых окон

После перехода на лист на экране присутствует дежурное видовое окно (см. рис. 4.1, *а*), через которое видны объекты, находящиеся в пространстве модели. В зависимости от настроек дежурное окно может быть расположено в средней части области печати, и его границы будут хорошо видны, либо границы окна могут совпадать с границами графической области экрана и быть невидимыми. В нашем примере будут нужны другие видовые окна. При их создании дежурное окно будет мешать, и его нужно удалить:

- `erase` \ укажите рамку окна. Если рамка окна не видна, сдвиньте, указав кнопку , изображение так, чтобы рамка окна стала видна, и удалите окно.

Результат

Экран чист, поскольку в листе "не прорезаны" видовые окна в пространство модели.

Подчеркнем, что с моделью (параллелепипедом) ничего не произошло. Она по-прежнему находится в пространстве модели. Убедиться в том, что модель "жива", можно, указав закладку **Model** (Модель), после чего вновь вернитесь на лист, указав **Layout1** (Закладка1).

Настроим параметры листа для горизонтального формата А4:

- задайте шаг 1 и сетку 5 \ лимиты (0,0) и (297,210) \ zoom \ **All**.

Для создания трех новых видовых окон для видов спереди, сверху и аксонометрии выполните:

- **View** (Вид) \ **Viewports** (Видовые экраны) \ **New** (Новые) \ в диалоговом окне укажите вариант **Three: Right** (Три окна, большое окно справа) \ в поле **Setup** (Установки) выберите режим **3D** \ на экране укажите два противоположных угла, близких к углам границы области печати.

Результат

Возникли три видовых окна с заданными направлениями взгляда. Внутри каждого окна видны объекты пространства модели (см. рис. 4.1, *б*).

4.2. Трехмерные объекты

Существует два вида объектов AutoCAD — сетевые и твердотельные. *Сетевые* преимущественно применяют для построения поверхностей сложной формы. Они будут рассмотрены *в гл. 12*. Для задач моделирования в основном применяют *твердотельные объекты* (их еще называют *тела*, *сплошные* или solids). Первый такой вами уже построен. Это параллелепипед, созданный командой box. Повторим его построение в более наглядном режиме:

- выведите панель инструментов **Solids** (Сплошные) и расположите ее вертикально в правой части экрана (рис. 4.2). О работе с панелями — *см. разд. 1.3*;
- перейдите в пространство модели через окно вида сверху. Для этого укажите кнопку **MODEL–PAPER** (Модель–Лист) в статусной строке и укажите область окна вида сверху. Можно просто дважды щелкнуть по области этого окна;

Результат

Пиктограмма ПСК должна принять вид осей координат. Рамка активного видового окна (вида сверху) должна выделиться толстой линией.

◂ **Рис. 4.2.** Панель инструментов **Solids**

- сотрите параллелепипед;
- в панели инструментов **Solids** (Сплошные) укажите верхнюю кнопку, инициирующую построение параллелепипеда;
- в окне вида сверху укажите точку левого ближнего угла основания параллелепипеда \ переместите курсор — потянется прямоугольная рамка, соответствующая основанию параллелепипеда \ укажите правый дальний угол основания \ задайте высоту параллелепипеда, указав в окне произвольную точку и переместив курсор — потянется отрезок, длина которого будет принята за высоту параллелепипеда \ зафиксируйте длину указанием второй точки отрезка — параллелепипед построен.

В процессе построений можете контролировать координаты точек и размеры объекта по показаниям в статусной строке, управляя отображением координат клавишей <F6>.

4.3. Удаление невидимых линий и закраска объектов

Средства наглядной визуализации AutoCAD можно разбить на три группы: удаление невидимых линий командой `HIDE`, быстрое тонирование (закраска) командой `SHADEMODE` и фотореалистичная визуализация командой `RENDER` (*см. гл. 7, 8*).

Команда *HIDE*

Команда `HIDE` применяется для получения каркасных изображений с удаленными линиями невидимого контура. Применим ее к параллелепипеду:

- перейдите в окно аксонометрии;
- **View** (Вид) \ **Hide** (Скрыть) — невидимые ребра и грани исчезли (см. рис. 4.1, *б*).

Для восстановления удаленных линий применяется команда `REGEN`, которая обновляет, регенерирует на экране все линии:

- **View** (Вид) \ **Regen** (Регенерировать).

Дополнительные возможности команды *HIDE*

Команда `HIDE` позволяет вместо удаления невидимых линий отображать их другим цветом и типом линии (см. рис. 4.5), повышать наглядность изображения созданием защитных экранов, показывать линии пересечения сетевых объектов. Активизация этих режимов и их настройка осуществляются через меню **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройки) \ закладка **User Preferences** (Пользовательские) \ кнопка **Hidden Line Settings** (Настройки невидимых линий).

При выполнении команды `HIDE` рекомендуем повысить плотность каркаса сети, отображающей криволинейные поверхности: меню **Tools** \ **Options** \ **Display** \ **Rendered Object Smoothness** (Сглаживание объектов визуализации) — задайте этот параметр в интервале от 5 до 10. Можно совсем не отображать каркас, оставив только очерки поверхностей, для этого, в том же меню, включите параметр **Show Silhouettes in Wireframe** (Показать только контуры объектов).

Команда *SHADEMODE*

Познакомимся со средством быстрого тонирования, которое также называют *закраской*:

- присвойте объекту любой цвет, кроме черного и белого. Если объектов несколько, то присвойте им разные цвета;
- перейдите в окно аксонометрии;
- **View** (Вид) \ **Shade** (Закраска) \ **Gouraud Shaded**, **Edges On** (Закраска Гуро, грани вкл.).

> ***Результат***
>
> В активном окне получено изображение в режиме закраски (рис. 4.4). В этом режиме можно продолжать работу — создавать и редактировать объекты. В остальных окнах также можно выполнить закраску, но пока удобнее в окнах ортогональных проекций оставить каркасные изображения.

Для отмены режима тонирования выполните:

- **View** (Вид) \ **Shade** (Закраска) \ **2D wireframe** (2D-каркас).

Опции команды *SHADEMODE*

Опция **Hide** создает каркасное изображение с удаленными линиями невидимого контура. Опция **Flat** — обеспечивает равномерную закраску в пределах каждой грани. Опция **Guro** — закрашивает грани с переменной интенсивностью, убывающей по мере удаления от условного источника света.

Специальная настройка позволяет в режиме закраски отображать материал, присвоенный объекту, показывать фон и действие источников света (*см. разд. 8.1*).

4.4. Задание пространственной точки зрения

Имеется несколько команд для задания пространственной точки зрения.

- `VIEW` — позволяет задать стандартный вид (вид сверху, спереди, изометрию) или восстановить ранее сохраненный вид.
- `VPOINT` — устанавливает вид по координатам точки наблюдения.
- `DDVPOINT` — по диаграммам в соответствии с угловыми параметрами вектора взгляда.
- `3DORBIT` и `DVIEW` — в динамическом режиме.

Диалоговое окно настройки точки зрения

Обратимся к команде `DDVPOINT`:

- перейдите в видовое окно, в котором выполняется настройка вида, пусть это будет окно аксонометрии (изометрии);
- **View** (Вид) \ **3D Views** (3D-вид) \ **Viewpoint Presets** (Настройка точки зрения) — возникло диалоговое окно, содержащее две диаграммы (рис. 4.3).

Левая диаграмма показывает угол между проекцией вектора взгляда на плоскость *XOY* и осью *X*, правая — наклон вектора к плоскости *XOY*.

На момент открытия диалогового окна в нем показаны параметры текущей точки зрения. Так, значения на рис. 4.3 соответствуют изометрии (см. рис. 4.1, *а*). Для задания другого вида нужно ввести новые значения, указывая курсором точки на диаграммах внутри соответствующих секторов или внутри круга. Можно ввести значения в окна, расположенные под диаграммами. Например, установим ортогональную диметрию (рис. 4.4 или 4.5):

- задайте на левой диаграмме угол к оси $X \approx 250^{\circ}$ или 290°, на правой — угол с плоскостью $XY \approx 20^{\circ}$.

По умолчанию параметры точки взгляда задаются в мировой системе координат, но можно по кнопке **Relative to UCS** (Относительно ПСК) перейти в режим, при котором углы задаются в ПСК. Кнопка **Set to Plan View** (Установи вид в плане) позволяет задать вид в плане текущей ПСК.

Возвратиться к предыдущему виду можно по команде `ZOOM`:

- **View** \ **Zoom** \ **Previous** (Предыдущий вид) или укажите кнопку .

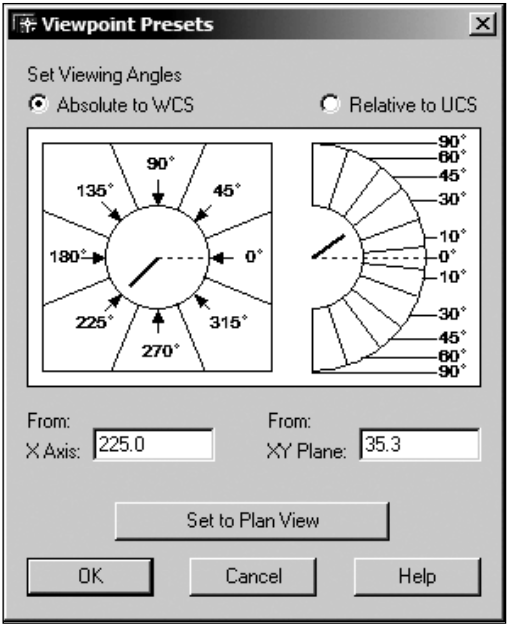


Рис. 4.3. Диалоговое окно **Viewpoint Presets** настройки точки зрения

Динамический режим выбора точки зрения

- Перейдите в пространство модели через одно из видовых окон. Если имеется окно аксонометрии, то перейдите в него и создайте в нем изображение объектов в режиме закраски.
- **View \ 3D Orbit** (Орбита) или укажите кнопку стандартной панели инструментов.

В результате возник круг орбиты, позволяющий задать режим выбора точки зрения (см. рис. 4.4).

Представьте себя космонавтом, наблюдающим Землю (объект) в иллюминатор. Перемещение курсора *внутри* круга воспроизводит движение вокруг Земли (объекта). Перемещение курсора *вне* круга соответствует вращению космонавта внутри своего корабля около иллюминатора — объект в окне лишь поворачивается, но облета вокруг него не происходит. Если поместить курсор в один из четырех кружков, а затем перемещать курсор, то будет воспроизводиться облет *строго* по экватору или меридиану.

- Проверьте указанные возможности задания точки наблюдения, перемещая курсор внутри круга, вне его, а также "полетайте" по экватору и меридиану.

- Чтобы зафиксировать точку зрения, нужно П-щелчком вызвать контекстное меню команды и указать в нем пункт **Exit** (Выход) или нажать <Esc>.

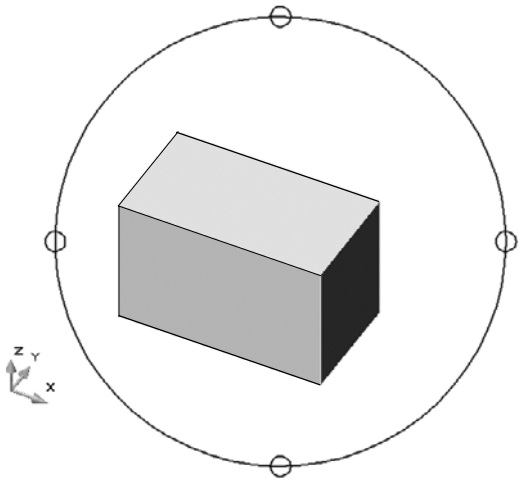


Рис. 4.4. Осмотр объекта командой 3DORBIT

Контекстное меню команды 3DORBIT показывает ее многочисленные опции. Так, опция **Projection** (Проекция) позволяет установить аксонометрическую или перспективную проекцию, опция **Preset Views** (Стандартные виды) — установить стандартные виды (сверху, спереди, слева, изометрию и т. д.), опция **Reset View** (Восстановить вид) восстановит тот вид, при котором вы начали подбирать точку наблюдения (но удачной не нашли и решили вернуться к исходному виду).

Если вращение объекта при его осмотре происходит хаотично, то нужно ограничить степень свободы, задав опцию **More** (Расширенное) и в новом меню — опцию **Orbit Maintains Z** (Привязка орбиты к оси Z), которая позволит вращаться только вокруг оси *Z* текущей ПСК.

Если объекты убегают за границы видового окна, то неудачно задан центр вращения. По умолчанию за него принимается центр видового окна. Опция **More** (Расширенное) \ **Orbit Uses AutoTarget** (Использовать автонастройку) задаст в качестве центра вращения центр выбранной или всей группы объектов. Рекомендуем перед вызовом команды выбрать лишь часть объектов и настраивать вид относительно этой группы.

Имеется еще ряд опций команды 3DORBIT, позволяющих настроить параметры перспективной проекции (*см. гл. 11*), строить разрезы и сечения (*см. разд. 12.6*).

В завершение рассмотрим опцию, позволяющую осмотреть объект в режиме *непрерывного вращения* вокруг него. Укажите в контекстном меню строку **More** (Расширенное) \ **Continuous Orbit** (Непрерывное вращение). Установите курсор внутрь круга орбиты, прижмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите курсор в направлении "полета" вокруг объекта. Чем выше скорость перемещения курсора, тем выше будет скорость "полета". Отпустите кнопку мыши — началось вращение объектов в соответствии с заданной орбитой и скоростью. Играйте. Для остановки вращения нажмите <Esc>.

4.5. Объектная привязка в пространстве

Напомним, что объектная привязка позволяет задать точку объекта по ее качественному признаку, например, как точку пересечения прямых линий, середину отрезка, центр сферы и др. Предусмотрен постоянный и разовый режимы привязки (*см. разд. 2.4*).

Рассмотрим пример применения объектной привязки в трехмерных построениях.

Задача 1. Построить диагонали параллелепипеда и определить точку их пересечения

Диагонали (рис. 4.5) проводятся из конечных точек ребер параллелепипеда, поэтому понадобится привязка **Endpoint** (Конечная). Для выявления точки пересечения диагоналей нужна привязка **Intersection** (Пересечение). Привязки зададим постоянными, т. к. они понадобятся несколько раз:

- П-щелкните по кнопке **OSNAP** (Объектная привязка) \ в возникшем меню укажите **Settings** (Настройки) \ в диалоговом окне выберите привязки **Endpoint** и **Intersection** \ **OK**;
- укажите кнопку **OSNAP** в статусной строке;
- `line` \ подведите курсор к одной из вершин параллелепипеда и задержите его — должен возникнуть указатель и появиться имя привязки, после чего укажите "пойманную" точку;
- подведите курсор к противоположной вершине и повторите действия \ ПЩ — диагональ построена;
- вновь `line` и постройте остальные три диагонали;
- задайте маркер точки: меню **Format** (Формат) \ **Point Style** (Стиль точки), в диалоговом окне укажите один из символов;

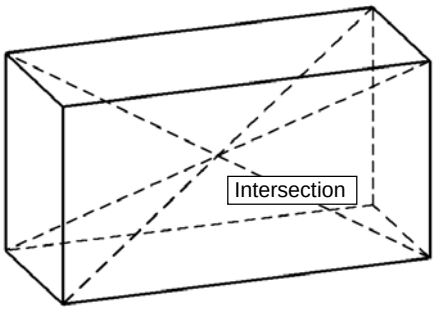


Рис. 4.5. Отображение ребер и диагоналей командой HIDE в режиме особого показа скрытых линий

- point \ поймайте указателем место пересечения диагоналей и дождитесь сообщения, подтверждающего, что построенные диагонали в пространстве действительно пересекаются \ укажите точку пересечения.

Если выполнить команду HIDE, то построенные диагонали исчезают как линии невидимого контура. Воспользуемся дополнительными возможностями команды HIDE, задав для линий невидимого контура красный цвет и прерывистую штриховую линию:

- **Tools** \ **Options** \ **User Preferenses** (Пользовательские) \ **Hidden Line Settings** (Настройки невидимых линий) \ в поле **Obscured Lines** (Скрытые линии) задайте тип линии **Dashed** (Прерывистая) и цвет **Red** (Красный);
- повторно выполните команду HIDE — линии невидимого контура, в том числе и диагонали, показаны в соответствии с заданным режимом (см. рис. 4.5).

4.6. Пользовательская система координат в трехмерных построениях

Назначение пользовательской системы координат (ПСК) в плоской графике было рассмотрено в *разд. 2.5*. В трехмерных построениях ПСК задает плоскость построений, относительно которой ведется создание объектов, выполняются команды редактирования, определяются координаты.

Пространственные построения связаны с постоянным переопределением плоскости построений. Это может быть, например, параллельный перенос плоскости и начала координат в новую точку пространства, поворот плоскости построений относительно пространственной оси, задание плоскости по трем точкам. В связи с этим команда ПСК имеет многочисленные опции для трехмерной работы. Управлять ПСК удобно с помощью панели инструментов **UCS** (ПСК) (см. рис. 2.3, *разд. 2.15*).

Изучите раздел справочной информации по команде `UCS` и методам ее применения:

- **Help** (Помощь) \ **User's Guide** (Руководство пользователя) \ **Specify Drawing Planes in 3D(UCS)** (ПСК в 3D-построениях).

Пиктограммы осей

Система координат отображается на экране с помощью пиктограммы осей. Существуют новая 3D- (рис. 4.6, *а—е*) и старая 2D-пиктограммы (рис. 4.6, *ж—и*). Стрелки в новой пиктограмме могут быть заданы двумя отрезками (рис. 4.6, *в*, *д*) или в виде конусов (рис. 4.6, *а*, *б*, *г*, *е*). Варианты пиктограмм задаются командой `UCSICON`, которая дополнительно позволяет определить размер, цвет и толщину линий пиктограммы (*см. разд. 2.4*).

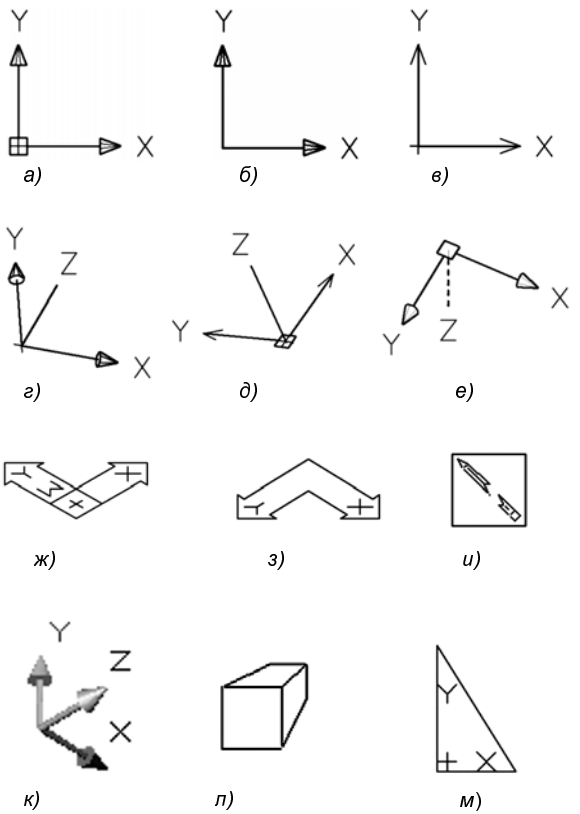


Рис. 4.6. Варианты пиктограммы осей координат

Пиктограмма содержит большой объем информации о системе координат, которую она отображает. Например, отсутствие оси *Z* указывает, что в видовом окне установлена одна из ортогональных проекций (рис. 4.6, *а—в*), иначе, если ось показана, задана аксонометрия (рис. 4.6, *г—з*).

Если в аксонометрии точка наблюдения находится над плоскостью *XY*, то в 3D-пиктограмме ось *Z* показана сплошной линией (рис. 4.6 *г*, *д*). Если взгляд из-под плоскости *XY*, то ось *Z* показана прерывистой (рис. 4.6, *е*). В 2D-пиктограмме, в первом случае показывается квадрат на пересечении осей (рис. 4.6, *ж*), а иначе он отсутствует (рис. 4.6, *з*).

Крестик в пиктограмме на пересечении осей указывает точку начала координат (рис. 4.6, *а*, *в*, *г*, *д*, *ж*, *м*). Если крестик отсутствует, то пиктограмма не отслеживает начало координат, и она смещена в левый нижний угол видового окна (рис. 4.6, *б*, *г*, *з*). Это имеет место в двух случаях: либо режим контроля начала координат отключен командой `UCSICON`, либо пиктограмма не помещается в том месте, где находится начало координат. В последнем случае достаточно сместить изображение, и пиктограмма встанет на место.

Пиктограмма показывает, является ли действующая система координат мировой или пользовательской. Мировая система в 3D-пиктограмме отражается квадратом на пересечении осей (рис. 4.6, *а*, *д*, *е*), а в 2D — буквой W (рис. 4.6, *ж*).

Например, расшифруем пиктограмму на рис. 4.6, *д*: действует мировая система координат (квадрат на пересечении осей), пиктограмма находится в начале координат (крестик на пересечении осей), в видовом окне установлена аксонометрия, причем взгляд на плоскость *XY* направлен сверху (ось *Z* показана сплошной линией).

На рис. 4.6, *и* приведена пиктограмма, называемая "сломанный карандаш". Эта 2D-пиктограмма возникает в том случае, если направление взгляда оказалось параллельным плоскости *XY*, что не позволяет без объектной привязки указать мышью точку на этой плоскости. "Сломанный карандаш" предостерегает, что в данном окне не рекомендуется выполнять какие-либо построения. Следует изменить точку зрения или ПСК, а сейчас можно только смотреть на объект для понимания его формы.

Пиктограмма на рис. 4.6, *к* возникает в режиме быстрого тонирования командой `SHADEMODE` или динамического осмотра `3DORBIT`. Пиктограмма в виде параллелепипеда (рис. 4.6, *л*) возникает при построении перспективных проекций. Треугольная пиктограмма (рис. 4.6, *м*) соответствует пространству листа.

Выполните настройку, при которой во всех видовых окнах пиктограмма установится в начало координат ПСК, действующих в этих окнах:

❒ `ucsicon` \ **All** (Все) \ **Origin** (Начало).

Особенности работы с ПСК при наличии нескольких видовых окон

В видовых окнах могут быть установлены различные системы координат[1]. В частности, в каждом окне может действовать своя система координат или в двух окнах действовать одна система, а в третьем — другая и т. д.

Яркость пиктограммы

При активизации видового окна пиктограмма в этом окне выделяется ярким цветом, тем самым подчеркивая то, что система координат данного окна стала активной. В других окнах пиктограммы бледные, за исключением тех окон, где система координат такая же, как и в активном окне. Например, на рис. 4.1, *б* показано, что на виде сверху и в аксонометрии действует МСК (виден квадрат на пересечении осей), в окне вида спереди — ПСК, параллельная плоскости вида.

- Перейдите в окно вида сверху — пиктограмма этого окна и окна аксонометрии яркая, в окне вида спереди — бледная.
- Перейдите в окно вида спереди — яркость пиктограмм поменяется местами.

Передача ПСК из окна в окно

В ряде случаев удобно выполнять построения, если в нескольких окнах действует единая система координат. Чтобы приравнять систему координат одного окна к системе другого окна, группе окон или всем сразу, нужно воспользоваться опцией **Apply** (Применить) команды `UCS`. При последующих построениях системы координат в видовых окнах по-прежнему остаются независимыми.

Зависимая система

В общем случае системы координат видовых окон независимы (даже если было выполнено их приравнивание), т. е. изменение системы в одном окне не приводит к изменениям систем координат в других окнах. Но можно задать такой режим, при котором система координат в видовом окне станет зависимой, т. е. будет автоматически приравниваться к последней ПСК, установленной в каком-либо из окон. Для этого нужно перейти в окно, для которого устанавливается зависимая система координат, и из командной строки ввести значение системной переменной `UCSVP = 0`. Исходное значение этой пере-

[1] Возможность установки в видовых окнах независимых систем координат появилась еще в AutoCAD 2000.

менной равно 1. Если эту установку выполнить для всех видовых окон, то по всему рисунку будет поддерживаться единая система координат.

Примеры применения ПСК и объектной привязки

Продолжим построение композиции, решив две задачи, которые потребуют совместного применения ПСК и объектной привязки.

Задача 2. Построить конус на верхней грани параллелепипеда

Перенесите (рис. 4.7) начало координат в одну из вершин верхнего основания параллелепипеда:

- ❒ включите режим контроля начала координат ПСК и постоянно действующую объектную привязку **Intersection**;
- ❒ перейдите в окно аксонометрии;
- ❒ укажите кнопку или выполните команду `ucs` \ опция `M` или `Or` \ подведите курсор к одной из вершин (лучше ближней) верхнего основания — должно появиться подтверждение объектной привязки \ укажите выбранную вершину.

Результат

В окне аксонометрии пиктограмма "прыгнула" на верхнюю грань параллелепипеда, показав положение новой системы координат. В остальных окнах системы координат не изменились, но их пиктограммы стали бледными.

Передадим систему координат из окна аксонометрии в окно вида сверху:

- ❒ убедитесь, что активно окно аксонометрии, систему которого мы берем за основу;
- ❒ кнопка или команда `ucs` \ `Apply` (Применить) \ перейдите в окно вида сверху \ ПЩ.

Результат

На виде сверху пиктограмма переместилась в вершину параллелепипеда; обе пиктограммы яркие, что подчеркивает равенство систем этих окон. В окне вида спереди, где система координат иная, пиктограмма бледная.

Построим требуемый конус на верхней грани параллелепипеда:

- ❒ перейдите в окно вида сверху;
- ❒ укажите кнопку панели **Solids** (Сплошные) (см. рис. 4.2) или введите команду `cone`;

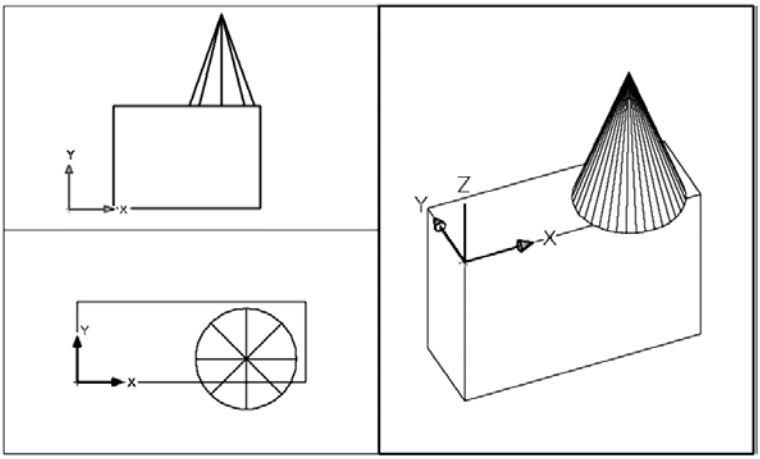


Рис. 4.7. Установка конуса
на верхнюю грань параллелепипеда

- укажите центр основания конуса \ переместите курсор — тянется "резиновая" нить, длина которой определит величину радиуса основания, в статусной строке отображается длина нити \ укажите вторую точку или введите значение радиуса с клавиатуры;
- для задания высоты конуса перейдите в окно вида спереди и укажите две точки вертикального отрезка "резиновой" нити, длина которого будет принята за высоту конуса (или введите число с клавиатуры) — конус построен.

Задача 3. Построить полусферу на передней грани параллелепипеда

Зададим (рис. 4.8) ПСК так, чтобы плоскость *XOY* совместилась с передней гранью параллелепипеда. Для этого применим опцию, задающую ПСК по трем точкам:

- кнопка или команда ucs \ введите 3;
- на запрос системы о положении начала координат переведите курсор в окно аксонометрии, поймайте указателем точку 1 (см. рис. 4.8) и после подтверждения привязки укажите эту точку;
- на следующие запросы в том же окне укажите точки 2 и 3.

Результат

В окне аксонометрии пиктограмма указала положение новой системы координат, в остальных остались прежние ПСК.

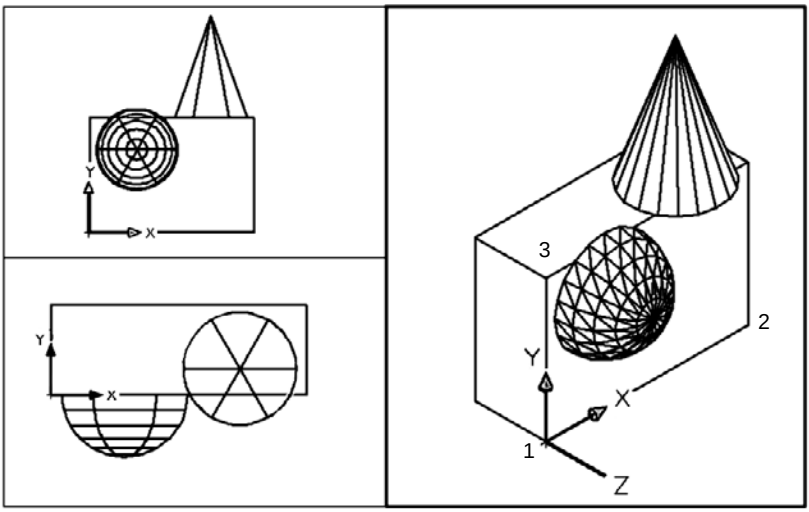


Рис. 4.8. Установка полусферы на переднюю грань параллелепипеда

Передадим установленную систему в окно вида спереди:

- убедитесь, что вы в окне аксонометрии, система координат которого берется за основу;
- \ перейдите в окно вида спереди \ ПЩ;

Результат

В окнах аксонометрии и вида спереди плоскость *XOY* расположена на передней грани параллелепипеда.

- задайте цвет для полусферы, перейдите в окно вида спереди (или убедитесь, что это окно является активным).

Для построения полусферы сначала построим сферу, затем отрежем ее половину. Сферу задайте так, чтобы она выступала за габариты параллелепипеда:

- укажите или введите `sphere` \ укажите точку центра сферы \ по длине "резиновой" нити задайте радиус сферы.

Построена сфера, половина которой погружена в параллелепипед.

Отрежем половину сферы командой `SLICE`, задав плоскость *XY* в качестве режущей плоскости:

- кнопка или команда `slice` \ укажите сферу \ ПЩ \ опция XY \ ПЩ \ опция **Both** (Обе) — оставить обе части.

Сфера разрезана на две половины. Осталось удалить заглубленную полусферу:

- `erase` \ укажите удаляемую полусферу \ ПЩ — задача решена.

Если сохранены прежние настройки, то в окне аксонометрии видно красивое изображение геометрической композиции, полученное в режиме быстрого тонирования.

4.7. Редактирование трехмерных объектов

Пространственное редактирование, например, перенос, копирование, поворот, масштабирование, осуществляются относительно плоскости *XOY* системы координат активного окна.

Задача 4. Переместить полусферу на верхнюю грань параллелепипеда, а конус — на переднюю

- Перейдите (рис. 4.9) в окно вида спереди, где ПСК установлена на переднюю грань параллелепипеда;
- **Edit** (Правка) \ **Copy with Base Point** (Копирование с базовой точкой) \ укажите точку в центре полусферы с объектной привязкой **Center** (Центр) \ укажите полусферу \ ПЩ — объект скопирован в буфер памяти;
- перейдите в окно вида сверху, где ПСК установлена на верхнюю грань параллелепипеда;
- **Edit** \ **Paste** (Вставить) или <Ctrl>+<V> или кнопка \ укажите точку вставки на верхней грани — полусфера вставлена из буфера на верхнюю грань параллелепипеда (рис. 4.9);
- сотрите исходную полусферу.

Подобным образом переместите конус, скопировав его в буфер памяти в окне вида сверху и вставив из буфера в окне вида спереди.

Изменение свойств пространственных объектов, например, цвета, слоя, толщины линий осуществляется так же, как и плоских объектов (*см. разд. 1.13*).

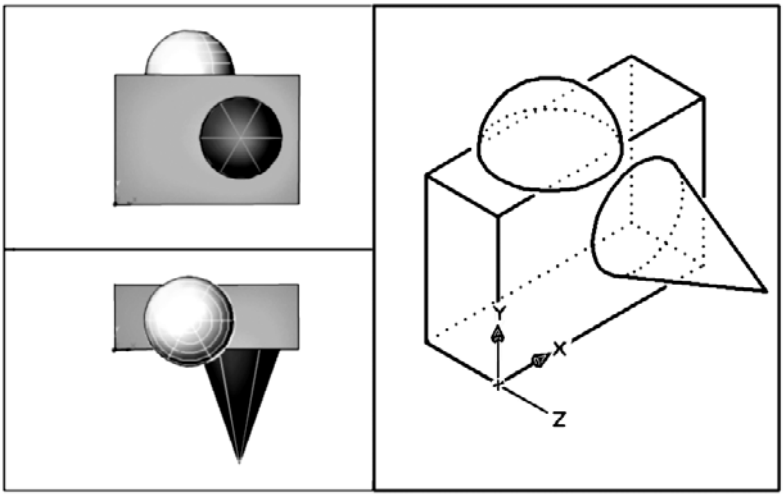


Рис. 4.9. Редактирование композиции.
Дополнительные возможности команды HIDE (в окне аксонометрии)

Завершение композиции

Установите проекционную связь между окнами видов сверху и спереди. Для этого командой ZOOM или кнопкой установите в окнах одинаковый масштаб отображения, затем командой PAN или кнопкой переместите изображения до их проекционного совмещения. В *разд. 6.6* будет рассмотрена возможность автоматического установления проекционной связи командой MVSETUP.

На рис. 4.9 в окне аксонометрии показано изображение, полученное командой HIDE в режиме ее дополнительных возможностей. Показаны только очерки поверхностей, линии невидимого контура отображены точечной линией. Вокруг видимого контура созданы экраны, закрывающие прилегающие участки линий невидимого контура, повышая тем самым наглядность изображения. Для создания такого изображения:

- согласно *разд. 4.3* выполните настройки дополнительных возможностей команды HIDE, выйдите из режима закраски и выполните команду HIDE.

В завершение упражнения:

- вновь выполните в окне аксонометрии закраску и задайте непрерывное вращение всей композиции (*см. разд. 4.4*).

4.8. Задачи для самоконтроля

Решите три задачи.

Первая — два тора в зацеплении, как звенья одной цепи (рис. 4.10).

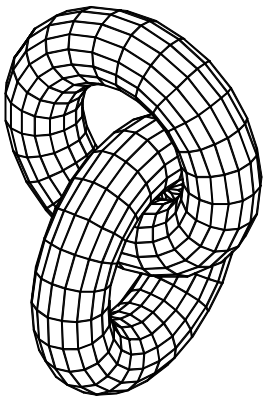


Рис. 4.10. Два тора в зацеплении

Задача проста, но на начальном этапе освоения пакета AutoCAD может вызвать трудности реализации. Решив ее, вы можете считать, что успешно освоили материал настоящей и предшествующих глав. Для этой задачи тор возьмите из меню: **Draw** \ **Surfaces** \ **3D Surfaces**.

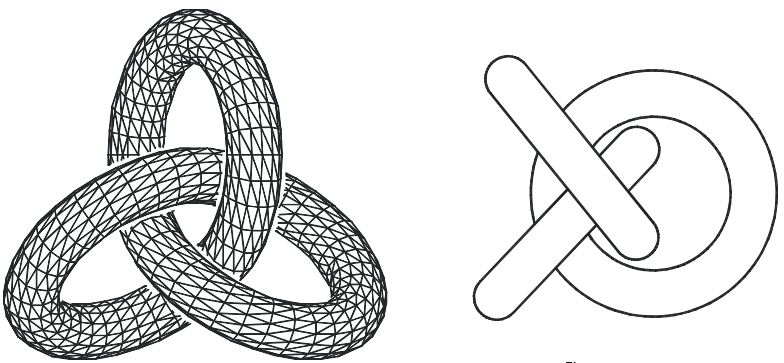


Рис. 4.11. Псевдоповерхность Эшера (*а*) и ее секрет (*б*)

Вторая задача требует повышенного пространственного мышления. Изображение на рис. 4.11, *а* создает иллюзию непрерывной каналовой поверхности *(поверхность Эшера)*, но вид на рис. 4.11, *б* показывает, что это три одинаковых тора, расположенные определенным образом. Если понять их взаимное расположение, то реализовать композицию уже несложно. Торы найдите на панели инструментов **Solids** (Сплошные) (см. рис. 4.2). Визуализация на рис. 4.11, *а* выполнена командой `HIDE` с применением защитных экранов, на рис. 4.11, *б* — той же командой, но в режиме показа только контура. Тонируйте полученные изображения.

Третья задача — построить изображение ленточной поверхности Эшера (рис. 4.12). Эта задача для "продвинутых" пользователей. Приведем один из возможных вариантов решения:

- перейдите в окно вида спереди;
- `rectang` \ 28,0 \ 30,12 — получен профиль кольца;
- `revolve` \ укажите профиль \ ПЩ \ `Y` \ ПЩ — получено кольцо вращением профиля вокруг оси *Y*;
- `rotate` \ укажите кольцо \ 0,0 \ 60 — выполнен поворот кольца относительно фронтальной плоскости;
- перейдите в окно вида сверху;
- `array` — создайте круговой массив из трех колец с центром вращения в точке (−5.2, −13.6);
- `hide` — удалите невидимые линии.

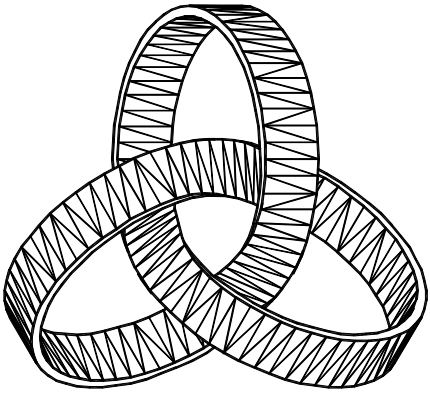


Рис. 4.12. Ленточная поверхность Эшера со свойствами ленты Мебиуса

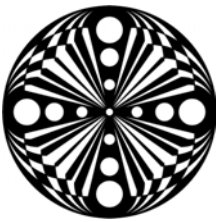
Создана основа поверхности. При внимательном рассмотрении видно, что это три отдельных кольца. Осталось отредактировать изображение, отразив, что лента является цельной. Это можно сделать, экспортировав изображение с удаленными невидимыми линиями в формат файла Windows metafile (WMF), а затем вставив изображение из WMF-файла в рисунок AutoCAD. Будет получено плоское изображение (проекция) из отрезков прямых линий, которое может быть легко отредактировано:

- **File** (Файл) \ **Export** (Экспорт) \ задайте формат Metafile (*.wmf) \ задайте директорию и имя файла \ выберите рамкой экспортируемые объекты изображения — создан файл с расширением wmf;
- перейдите на лист;
- **Insert** (Вставить) \ **Windows metafile** \ найдите созданный WMF-файл \ укажите точку вставки и масштабы — изображение вставлено как блок;
- `explode` \ укажите вставленное изображение — оно распалось на отрезки;
- командами `TRIM`, `BREAK` и *ручками* отредактируйте среднюю область изображения, воспроизведя плавные изгибы ленты.

Обратите внимание, что полученная ленточная поверхность обладает свойствами ленты Мебиуса — двигаясь по ней, можно попасть на обратную сторону ленты, не переходя через ее край.

Как и в предыдущем примере, получена псевдоповерхность. Истинную поверхность Эшера любого профиля можно построить только средствами программирования [7].

Глава 5



Трехмерные построения

В этой главе дается более глубокое изложение методов работы с трехмерными объектами. Создав интересную и весьма непростую композицию из параллелепипедов, вы будете уверенно ориентироваться в пространстве построений. Основное внимание следует уделить применению пользовательской системы координат (ПСК) и объектной привязки.

5.1. Композиция "Камни"

Сложность композиции, показанной на рис. 5.1, определяется рядом условий, предъявляемых к взаимному расположению "камней" (параллелепипедов).

Условия построения композиции

На основании расположены три камня. Первый камень лежит на основании. Второй опирается ребром на основание и гранью на одно из ребер первого камня. Третий камень вершиной опирается на основание и гранью — на вершину первого и вершину второго камней.

Условия композиции требуется выполнить абсолютно точно, например — если грань опирается на ребро, то между ними при сколь угодно большом увеличении не должно быть обнаружено ни зазора, ни пересечения. Добиться этого возможно только оптимальным заданием ПСК и применением объектной привязки.

Дополнительно решите следующие задачи.

1. Поставьте авторский знак, расположив его на одной из граней второго камня, вблизи той вершины, на которую опирается третий камень. Знак выполните как "тайный", т. е. столь малых размеров, чтобы прочесть его можно было лишь при значительном увеличении изображения вблизи указанной вершины.
2. Поставьте размеры третьего камня и габаритные размеры всей композиции.

3. Определите расстояние между двумя произвольно выбранными ребрами различных камней. Ребра должны быть скрещивающимися прямыми. Это пример так называемой метрической задачи.
4. Представьте результат работы в виде набора видовых окон, как показано на рис. 6.1. Виды спереди и сверху выполните в проекционной связи в стандартном масштабе.
5. Создайте файл презентации из 10—15 растровых изображений (*см. разд. 6.9*).

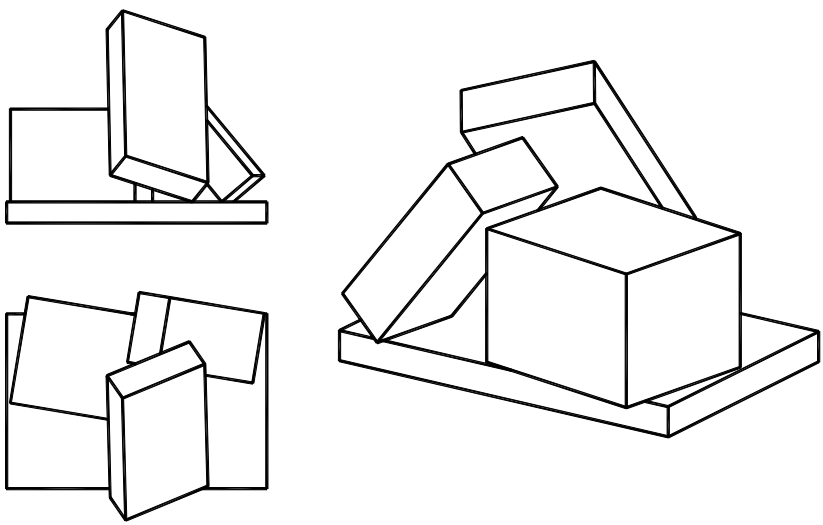


Рис. 5.1. Композиция "Камни"

Требования к композиции включают лишь взаимное расположение камней и не распространяются на их размеры. Следовательно, даже при повторении приведенного ниже примера каждая композиция будет индивидуальна.

5.2. Предварительные настройки

- ❒ Создайте новый рисунок.
- ❒ Перейдите в пространство листа и создайте три видовых окна как на рис. 5.2 (*см. разд. 4.1*).
- ❒ В окне аксонометрии задайте вид, близкий к диметрии, и включите в этом окне один из режимов — закраски (*см. разд. 4.3*).
- ❒ Для всех окон включите режим отслеживания пиктограммой ПСК начала координат (*см. разд. 2.5*).

Общая рекомендация по организации любых построений в AutoCAD — это группировка объектов по слоям. В данном примере каждый камень расположим на отдельном слое:

- ❒ создайте слои с именами Основание, Камень_1, ..., Камень_3, задайте им разные цвета, кроме черного (*см. разд. 2.12*, *3.2*).

В процессе построений необходимо будет многократно выбирать вершины многогранников, которые трактуются как пересечение ребер или их конечные точки. Поэтому:

- ❒ установите постоянно действующими объектные привязки **Intersection** (Пересечение) и **Endpoint** (Конечная) (*см. разд. 2.4*, *4.5*).

Построение композиции потребует также многократного преобразования ПСК. Убедитесь, что на экране установлена одна из панелей инструментов, содержащая кнопки управления ПСК. Это существенно ускорит вызов команды `UCS` и ее опций. Если панели отсутствуют, вызовите их (*см. разд. 1.3, 2.5*, *2.15*).

5.3. Начало построения камней

Очевидно, что композицию начинаем с основания, и далее — "камень на камень".

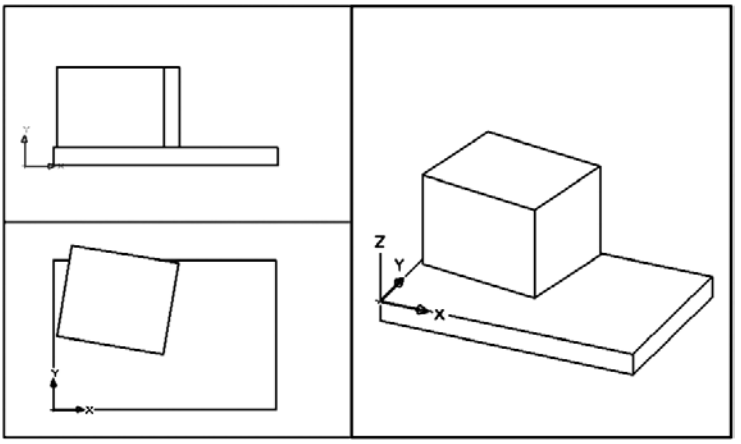


Рис. 5.2. Основание композиции и первый камень

Основание композиции

Это параллелепипед, стороны которого расположим параллельно осям МСК. Размеры задайте в глазомерной пропорции согласно рис. 5.1, 5.2:

- установите текущим слой Основание;
- перейдите в окно вида сверху;
- по пиктограмме осей убедитесь, что в окне действует мировая система координат. Иначе — установите МСК, например, введя из командной строки: `ucs` \ ПЩ;
- `box` \ постройте параллелепипед, повторив последовательность действий, приведенную в *разд. 4.2*.

Первый камень

Перенесем плоскость построений на верхнюю грань основания (см. рис. 5.2), применив команду `UCS` с опцией `Move` или `Origin`:

- перейдите в окно аксонометрии;
- `ucs` \ `m` (или укажите кнопку) \ подведите курсор к одной из вершин верхней грани основания и, дождавшись подтверждения привязки, укажите вершину — пиктограмма осей разместилась на верхней грани основания.

Передайте созданную систему координат из окна аксонометрии в окно вида сверху:

- не выходя из окна аксонометрии, укажите кнопку или: `ucs` \ **Apply** (Применить);
- перейдите в окно вида сверху \ ПЩ — на виде сверху пиктограмма переместилась в вершину параллелепипеда.

Строим параллелепипед:

- перейдите на слой для первого камня;
- в окне вида сверху командой `BOX` постройте камень так, как показано на рис. 5.2. Командой `ROTATE` поверните его относительно основания. Командой `MOVE` переместите камень, освободив место на основании еще для двух камней.

Второй камень

Самый трудный. За многие годы студентами найдено пять алгоритмов его установки. Наиболее удачный алгоритм, хотя и не универсальный, описан ниже.

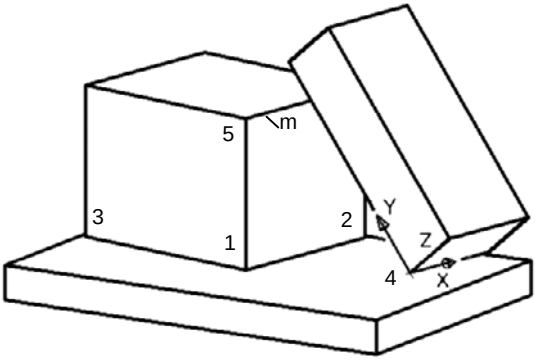


Рис. 5.3. Установка второго камня

Установим систему координат, как показано на рис. 5.3. Ее начало, точка 4, находится на плоскости основания; по замыслу композиции эта точка определяет положение второго камня; ось *X* направлена параллельно ребру 1-2; ось *Y* пересекает ребро *m* первого камня. Установка этой ПСК потребует трехкратного преобразования координат.

Установите ПСК по трем вершинам нижней грани первого камня. При указании точек должна действовать подготовленная ранее объектная привязка **Endpoint**:

- перейдите в окно аксонометрии;
- укажите или выполните: `ucs` \ опция 3 \ последовательно укажите точки 1, 2 и 3.

Оставаясь в окне аксонометрии, перенесите начало координат в точку 4. Поскольку ПСК установлена на верхнюю грань основания, то достаточно указать точку согласно рис. 5.3. Впрочем, можно задать и другое положение этой точки, направив построение композиции в новое, оригинальное русло:

- укажите кнопку \ укажите точку 4.

Направим ось *Y* так, чтобы она пересекла ребро *m*. Начало координат и ось *X* оставим неизменными:

- укажите кнопку \ П-щелчком подтвердите прежнее положение начала координат \ ПЩ — ось *X* остается прежней \ для определения оси *Y* укажите точку 5.

Результат

Положение ПСК в окне аксонометрии должно соответствовать рис. 5.3.

Предайте ПСК из окна аксонометрии в остальные видовые окна:

- не выходя из окна аксонометрии, укажите кнопку или выполните: ucs \ **Apply** \ **All** (Все);

Строим параллелепипед. Его вершина должна находиться в начале установленной системы координат, а ребра направлены по ее осям. Применим вариант команды BOX, позволяющий визуально задать размеры параллелепипеда:

- перейдите на слой для второго камня;
- box \ на запрос "Specify corner of box <0,0,0>:" (Укажите угол параллелепипеда) — ПЩ (т. е. согласен, что первый угол параллелепипеда в начале координат).

Команда остается активной. Задаем длину как размер вдоль оси *X*:

- введите L (опция **Length** (Длина), определяющая размер вдоль оси *X*) \ перейдите в окно вида сверху \ "Specify length:" — введите 0,0 \ на запрос "Specify second point:" сместите курсор — от начала координат тянется "резиновая" нить, направьте ее вдоль оси *X* и укажите вторую точку отрезка длины камня.

Задаем размер по оси *Y*:

- "Specify width:" — введите 0,0 \ перейдите в окно вида спереди \ сместите курсор, и по длине отрезка слежения задайте точку, определяющую протяженность по оси *Y*.

Задаем высоту по оси *Z*:

- вернитесь в окно вида сверху \ "Specify height:" — введите 0,0 \ по длине отрезка слежения задайте точку, определяющую протяженность по оси *Z*.

Результат

Второй камень установлен в требуемое положение (см. рис. 5.3).

5.4. Проверка правильности построений

Чтобы убедиться в правильности выполняемых построений, следует задать такое направление взгляда, при котором сопрягаемые грани и ребра вырождаются в прямые и точки. В частности, для того чтобы проверить правильность установки второго камня, необходимо посмотреть вдоль ребра *m* (см. рис. 5.3). Для этого достаточно установить ПСК по фронтальной грани первого камня, а затем задать вид в плане этой ПСК:

- перейдите в окно аксонометрии;
- укажите кнопку \ последовательно, с объектной привязкой укажите точки 3, 1 и 5;

- **View** (Вид) \ **3D Views** (3D-виды) \ **Plan View** (Вид в плане) \ **Current UCS** (Текущая ПСК);

Результат

Изображение в окне соответствует рис. 5.4.

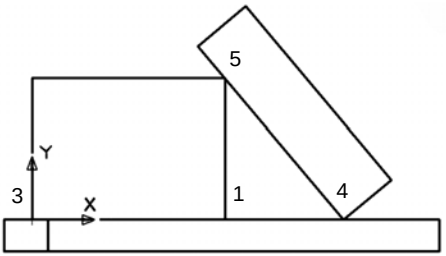


Рис. 5.4. Проверка установки второго камня

- увеличьте (указав) области соприкосновения камней. При сколь угодно большом увеличении зазоры и пересечения вблизи точек 4 и 5 должны отсутствовать.

5.5. Сохранение вида и ПСК

Вид — это сумма условий, при которых получено изображение (направление взгляда, масштаб отображения, режим тонирования). В процессе построений виды приходится постоянно изменять, поэтому отдельные — ключевые — нужно сохранять. Сохранение осуществляется путем присвоения виду имени, по которому его можно будет восстановить без повторения построений. Например, целесообразно сохранить найденный выше вид, доказывающий правильность построения второго камня. Это позволит позднее, при оформлении работы, быстро восстановить сохраненный вид в одном из видовых окон.

Для сохранения вида выполните следующее:

- активизируйте видовое окно с сохраняемым видом;
- **View** \ **Named Views** (Именованные виды) или укажите \ в диалоговом окне **View** укажите закладку **Named Views** \ укажите строку **Current** (Текущий) и введите новое имя вида, например, Камень_2 \ **OK** — вид сохранен под указанным именем.

Проверьте сохранение вида. Например, вызовите его в окне вида сверху:

- перейдите в окно вида сверху;
- **View** \ **Named Views** или укажите кнопку \ укажите вид \ **Set Current** (Сделать текущим) \ **OK** \ **OK** — вид сверху заменен восстановленным видом.

Вернемся к предыдущим видам. Для этого в окнах аксонометрии и вида сверху выполните:

- **View** \ **Zoom** (Зуммирование) \ **Previous** (Предыдущий) или укажите кнопку .

Можно сохранить и ПСК. Например, сохраним систему координат, которая позволила завершить построение второго камня:

- в окне аксонометрии восстановите сохраняемую ПСК либо повторной установкой, либо как одну из предыдущих — указав кнопку . Кнопку можно указывать многократно, восстанавливая предыдущие ПСК;
- укажите или выполните **Tools** (Сервис) \ **Named UCS** (Именованные ПСК) \ в диалоговом окне **UCS** (ПСК) укажите закладку **Named UCS** \ укжите **Unnamed** (Без имени) \ введите имя ПСК, например — Камень_2 \ **OK**.

Сохраненную систему координат можно в любой момент восстановить по имени. Когда это потребуется:

- той же кнопкой вызовите диалоговое окно **UCS** (ПСК) \ в закладке **Named UCS** укажите имя восстанавливаемой ПСК \ укажите **Set Current** (Сделать текущей) \ **OK**.

5.6. Построение третьего камня

Напомним, что третий камень должен вершиной опираться на основание, а гранью на вершины уже построенных камней. Поэтому приступать к построению третьего камня нужно после тщательной проверки правильности установки второго камня.

Выберите точки опоры третьего камня, например, точки 5, 6, 7 (рис. 5.5). Если точки 5 и 7 определены положением вершин построенных камней, то точку 6 можно задать произвольно с некоторым ограничением, приведенным далее. Важно, чтобы она была на основании композиции.

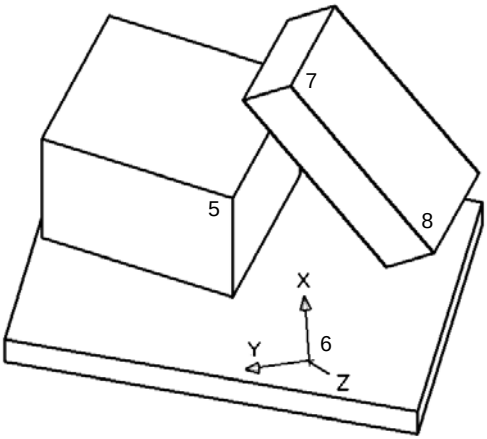


Рис. 5.5. ПСК для третьего камня

По этим точкам необходимо задать ПСК, причем начало координат установить в точку 6, а ось *X* направить в точку 7:

- перейдите в окно аксонометрии;
- установите ПСК на плоскость основания композиции (см. рис. 5.2, окно аксонометрии);
- задайте ПСК по трем точкам. Начало координат, точку 6, укажите на основании композиции, в плоскости текущей ПСК (см. рис. 5.5). Ось *X* направьте в точку 7. А в качестве третьей точки укажите точку 5. При указании точек 5 и 7 контролируйте действие объектной привязки.

Результат

ПСК установлена, как показано на рис. 5.5, причем точка 6 принадлежит верхней грани основания композиции.

При создании камня его высота, задаваемая перемещением курсора, откладывается по направлению оси *Z*. Поэтому убедитесь, что на виде, соответствующем рис. 5.5, ось *Z* отображена сплошной линией (*см. разд. 4.6*), т. е. направлена на наблюдателя, иначе третий камень будет внедряться в предыдущие два.

Убедитесь также, что плоскость *XOY* установленной ПСК не пересекает второй камень. Такое пересечение вполне возможно, если точка 6 указана близко к первым двум камням. Для этого определите координату *Z* для точки 8 относительно установленной ПСК:

- **Tools** \ **Inguiry** (Справки) \ **ID Point** (Координаты) \ укажите с объектной привязкой вершину 8.

Результат

В командную строку выведены координаты точки 8.

Координата *Z* проверяемой вершины должна быть отрицательной, при этом точка 8 находится под плоскостью ПСК. При положительном значении координаты *Z* необходимо переопределить плоскость создания третьего камня, задав для ПСК вместо точки 7 точку 8, или сместить точку 6 в плоскости основания композиции, отодвинув ее от камней.

Итак, задана плоскость основания третьего камня. Построим камень, определив его размеры и положение так, чтобы он перекрыл вершины камней, на которые опирается, т. е. вершины 5 и 7 (см. рис. 5.5), и не врезался в основание композиции. Временно установите в окне вида спереди вид в плане текущей ПСК. Построения выполняйте в этом окне:

- перейдите в окно вида спереди;
- `plan` \ ПЩ — установлен вид в плане текущей ПСК;
- перейдите на слой, подготовленный для третьего камня;
- `box` \ 0,0 — это будет соответствовать положению вершины камня в точке 6 \ перемещая курсор, следите за контуром основания создаваемого камня и укажите правый дальний угол основания \ задайте высоту параллелепипеда, для этого укажите в окне две точки, расстояние между которыми будет принято за высоту.

Камень построен, но его положение еще не соответствует требованию композиции. Ребро камня проходит через вершину 7. Вероятно также, что камень врезается в основание — проверьте это по другим видовым окнам, выполнив в них команду `HIDE` или быстрое тонирование. Чтобы исправить положение, поверните камень против часовой стрелки относительно точки 6:

- `rotate` \ укажите камень \ ПЩ \ базовая точка 0,0 \ отведите курсор, создав рычаг поворота, и поворачивайте камень, следя за его положением \ зафиксируйте новое положение, когда третий камень перестанет пересекать основание, а его опорная грань будет "уверенно" опираться на точки 5 и 7 (рис. 5.6).

Для визуальной проверки правильности построения третьего камня необходимы два дополнительных вида. Первый вид должен подтвердить правильность расположения камня на основании, т. е. показать, что между вершиной 6 и основанием композиции нет зазора и, в то же время, нет погружения этой вершины в основание. Таким видом может быть увеличенный фрагмент вида спереди (рис. 5.7).

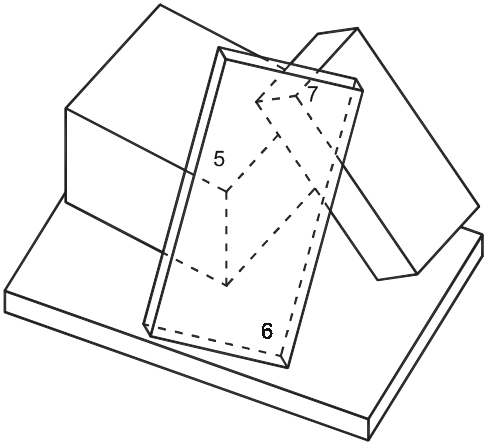


Рис. 5.6. Установка третьего камня

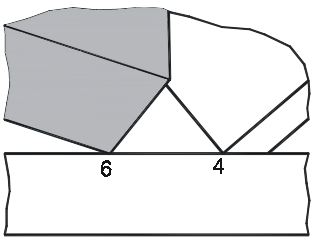


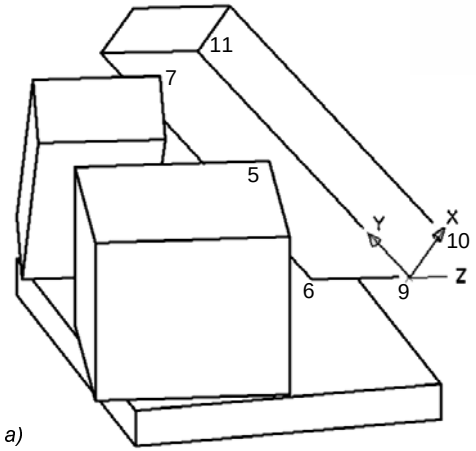
Рис. 5.7. Проверка положения третьего камня относительно основания

Второй контрольный вид направлен вдоль грани, которая опирается на вершины 5 и 7. Для задания второго вида:

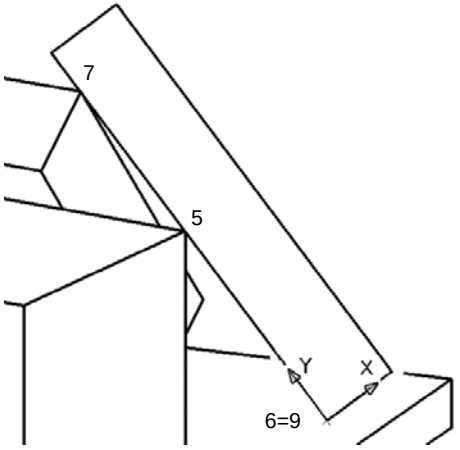
- командой `3DORBIT` поверните изображения как показано на рис. 5.8, *а*;
- установите ПСК по точкам 9, 10 и 11;
- командой `PLAN` установите вид перпендикулярно плоскости ПСК.

Результат должен соответствовать рис. 5.8, *б*, где точки 5 и 7 — это точки опоры третьего камня:

- увеличьте изображение в области точек 5 и 7. Увеличение не должно выявить зазоров или пересечений между камнями;
- сохраните найденный вид и ПСК.



а)



б)

Рис. 5.8. Проверка положения третьего камня относительно первого и второго камней:
а — установка ПСК перпендикулярно опорной грани;
б — вид в плане ПСК

Построив композицию, получите ее наглядное изображение:

- перейдите в окно аксонометрии;
- включите режим закраски: **View** \ **Shade** (Закраска) \ **Gouraud Shaded, Edges On** (Закраска Гуро, грани вкл.);
- командой `3DORBIT` подберите оптимальную видовую точку.

5.7. Размеры и авторский знак

Пространственная простановка размеров требует предварительной установки ПСК в плоскость проставляемого размера. Например, для того чтобы проставить размер длины третьего камня, установите ПСК как показано на рис. 5.9, затем ставьте линейный размер в выбранной плоскости (*см. разд. 2.8*). Следующий размер требует перестановки ПСК на новую грань. Не забудьте выделить отдельный слой для размеров.

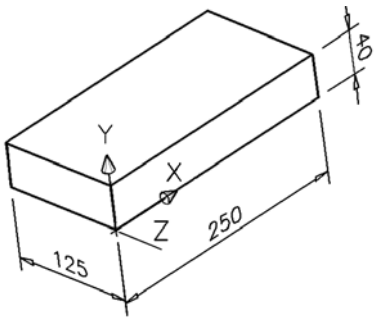


Рис. 5.9. Размеры третьего камня

Простановку габаритных размеров всей композиции удобнее выполнить на листе (*см. разд. 6.7*).

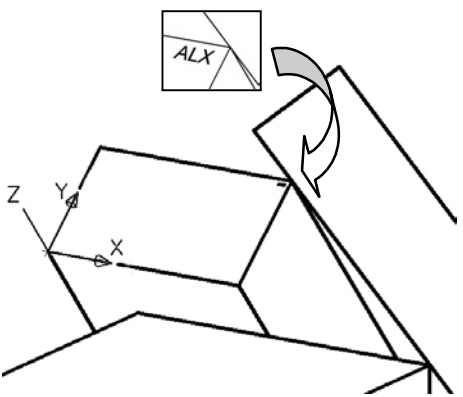


Рис. 5.10. "Тайный" авторский знак

Авторский знак также выполните на отдельном слое. Определите вершину второго камня, на которую опирается третий камень. Эта вершина на

рис. 5.10 указана стрелкой. Установите ПСК на одну из граней второго камня, содержащую выбранную вершину. Сделайте знак — надпись (фамилия, инициалы) или эмблему. Масштабированием добейтесь уменьшения знака на основном изображении до таких размеров, при которых он не будет виден без дополнительного увеличения.

5.8. Метрическая задача

Рассматриваемая задача показывает возможность выполнения в AutoCAD сложных пространственных измерений, в данном случае определения кратчайшего расстояния между отрезками скрещивающихся прямых.

- Создайте новый слой и перейдите на него.

Выберем два ребра, например, второго и третьего камней, показанные на рис. 5.11, *а*. Проверим, включена ли объектная привязка **Intersection** (Пересечение), и если нет — включите ее. Построим отрезки, дублирующие выбранные ребра:

- `line` \ укажите две вершины второго камня \ ПЩ;
- постройте второй отрезок, обведя одно из ребер третьего камня;
- в активном окне заморозьте все слои, кроме текущего, на котором выполняется решение задачи.

Результат

В окне остались два отрезка скрещивающихся прямых.

Назовем отрезки *a* и *b* (см. рис. 5.11, *б*). Искомый элемент — это общий перпендикуляр к этим отрезкам. Решайте задачу по следующему алгоритму:

- скопируйте отрезок *a*, перенеся его за среднюю точку в конечную точку отрезка *b* — получен отрезок *a'*;
- установите ПСК по трем точкам: конечным точкам отрезка *a'* и противоположной конечной точке отрезка *b*;
- спроецируйте отрезок *a* на плоскость ПСК, т. е. на плоскость пересекающихся прямых *a'* и *b* (техника проецирования рассмотрена далее) — получен отрезок *a"*.

Опустите перпендикуляр из точки 1 пересечения прямых *b* и *a"* на отрезок *a*:

- `line` \ укажите точку 1 с действующей привязкой **Intersection** \ <Shift>+ +ПЩ — включить разовую объектную привязку, выбрать **Perpendicular** (Перпендикуляр) \ укажите отрезок *a* \ ПЩ.

Получен отрезок *c*, являющийся искомым.

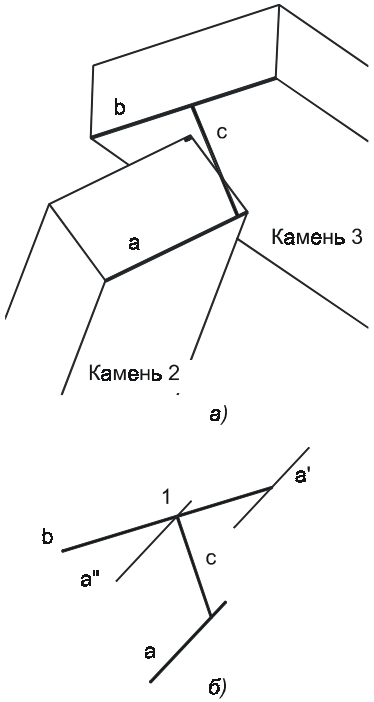


Рис. 5.11. Расстояние между скрещивающимися ребрами (*а*) и схема решения метрической задачи (*б*)

Определим длину найденного отрезка, выведя список его данных командой `LIST`:

- list \ укажите отрезок *c* \ прочтите параметры отрезка, в частности, длину \ <F2> — возврат в графический режим экрана;
- для наглядности выполненных построений каждому отрезку придайте свой цвет.

Проверка правильности решения метрической задачи

Отрезок *c* должен быть общим перпендикуляром к исходным прямым *a* и *b*. Для проверки установите ПСК так, чтобы ее ось *Z* была направлена вдоль найденного отрезка *c*:

- `ucs` \ опция **ZA** \ действующей объектной привязкой укажите конечные точки отрезка *c*;
- `list` \ укажите отрезки *a* и *b*.

Результат

В текстовое окно выведены координаты отрезков *a* и *b* относительно установленной системы координат. Для каждого из них должно быть показано сообщение "Delta Z = 0.00", т. е. отрезки параллельны плоскости ПСК или перпендикулярны найденному отрезку *c*, что подтверждает правильность полученного решения.

Проецирование точки и отрезка на плоскость

Для построения *ортогональной проекции* (угол проецирования $\alpha = 90^{\circ}$) точки *A* на какую-либо плоскость Δ (рис. 5.12) достаточно установить в эту плоскость систему координат и построить точку A_{Δ}, взяв для нее координаты *X* и *Y* от точки *A*, а координату *Z* приравнять нулю. Ортогональные проекции строят, применяя так называемые координатные фильтры — средство, позволяющее взять у указанной точки необходимые координаты. Так, если применить фильтр ".xy", то у точки будут взяты только координаты *X* и *Y*, а недостающую координату *Z* потребуется задать дополнительно.

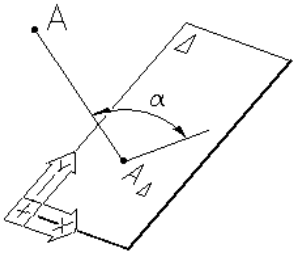


Рис. 5.12. Проецирование точки на плоскость

Для проецирования отрезка на плоскость ПСК нужно спроецировать две конечные точки этого отрезка:

- `line` \ на запрос "Specify first point:" — укажите первую точку \ <Shift>+ПЩ \ в контекстном меню указать **Point Filters** (Точечные фильтры) \ в следующем контекстном меню указать фильтр ".xy" \ <Shift>+ПЩ — включить объектную привязку **Endpoint** (Конечная) \ указать прицелом один конец проецируемого отрезка \ на запрос "need Z" (требуется Z) ввести 0;
- "Specify next point:" (Укажи следующую точку) — указать второй конец отрезка, также применив фильтр и объектную привязку \ задать *Z* равным 0 \ ПЩ.

5.9. Варианты композиции "Камни"

Как отмечалось в начале главы, построение композиции из камней является хорошим упражнением для развития технических навыков пространственного моделирования. За многие годы выполнения этого задания наработан ряд его интересных вариантов.

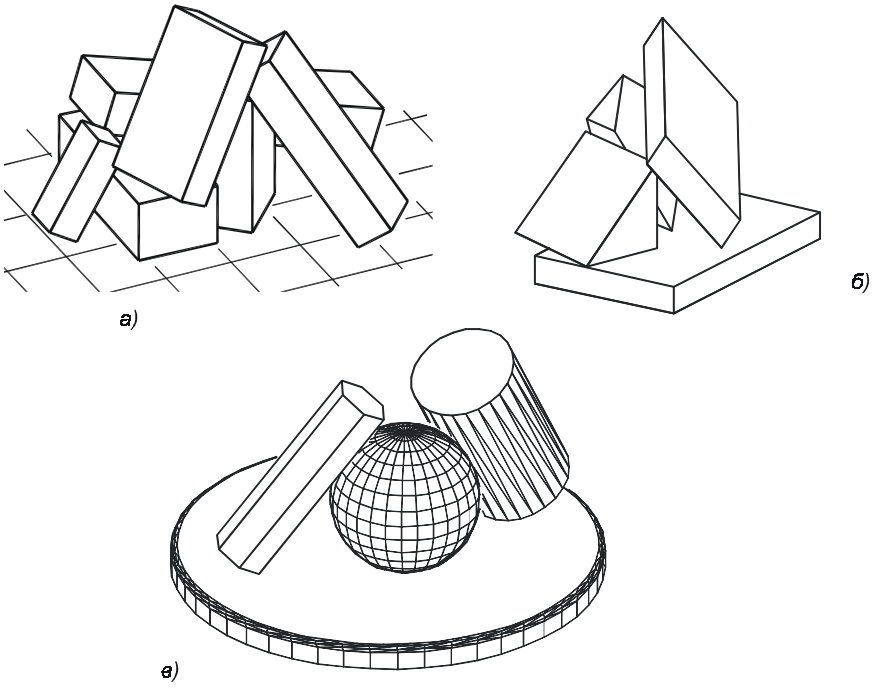


Рис. 5.13. Варианты композиции:
а — много камней; *б* — призма и пирамида;
в — объекты с криволинейной поверхностью

На рис. 5.13, *а* показан вариант с количественным усложнением композиции. Качественно все остается прежним. Замена параллелепипедов на другие многогранники усложняет качественную сторону задачи, но и такая композиция может быть построена с использованием тех же алгоритмов, что и при камнях-параллелепипедах. Например, вариант (рис. 5.13, *б*), где первый камень — трехгранная призма, а второй — усеченная четырехгранная пирамида.

Новое и весьма непростое решение возникает, если один или несколько камней являются телами с криволинейными поверхностями (рис. 5.13, *в*). Здесь потребуется самостоятельно разработать алгоритмы построения.

Глава 6

Видовые окна. Композиция и презентация

При работе над моделью рекомендуется иметь на экране сразу несколько ее видов, что позволяет легко ориентироваться в пространстве построений. Созданную модель зачастую требуется наглядно представить в виде единой композиции изображений.

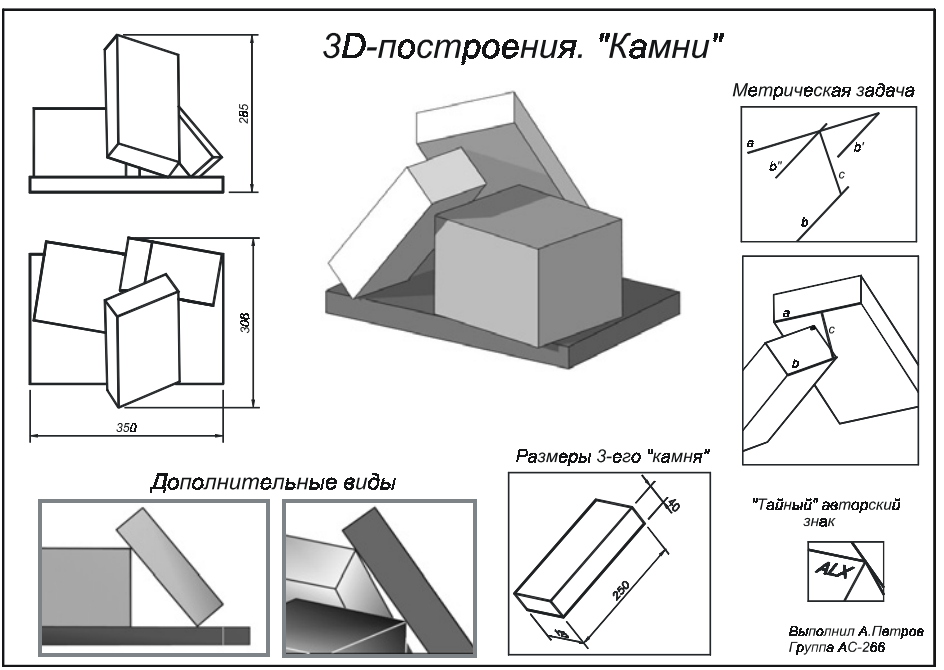


Рис. 6.1. Пример композиции видовых окон

В AutoCAD эти задачи решаются созданием видовых окон, каждое из которых отображает модель с различным направлением взгляда, увеличением, детализацией и режимом визуализации. Чертеж детали или узла, создаваемый по 3D-технологии (*см. гл. 10*), по сути, представляет собой композицию видовых окон (видов спереди, сверху и др.).

Кроме статичной композиции AutoCAD позволяет создать презентацию работы в виде динамичного просмотра растровых изображений — слайд-шоу.

В данной главе рассмотрены приемы работы с видовыми окнами на примере создания композиции "Камни" (рис. 6.1). Построение модели камней приведено ранее (*см. гл. 5*).

6.1. Пространство модели и пространство листа

Представьте, что между вами и объектом помещен лист непрозрачного стекла. "Промывая" на стекле окна, вы видите объект. При некоторой фантазии можно допустить, что в каждом окне объект виден при различном увеличении и с разных точек зрения. На стекле можно делать надписи и рисовать, даже поверх изображения, которое видно через стекло. Приведенный пример помогает понять существование двух режимов работы в AutoCAD, один из них называется пространством модели, другой — пространством листа.

Пространство модели — трехмерное пространство, в котором создается модель объекта.

Пространство листа — это плоскость, соответствующая листу бумаги для получения распечатки.

Связь между пространствами осуществляется через видовые окна, создаваемые на листе. Композиция создается размещением группы видовых окон на листе.

Приведем основные возможности работы с видовыми окнами, создаваемыми на листе.

- Видовые окна могут иметь произвольную форму, чаще всего форма прямоугольная.
- Окна можно располагать в любом месте экрана (листа), в частности, накладывать одно на другое.
- Окна можно редактировать как обычные объекты, например, переносить, копировать, масштабировать, удалять вместе с содержащимися в них изображениями. Редактирование видовых окон не оказывает воздействия на объекты пространства модели.

- Между окнами можно установить проекционную связь.
- Любой объект пространства модели можно скрыть в одних окнах и оставить в других.
- На экране можно отобразить все созданные окна или часть из них. Для удобства и точности построений можно отобразить на весь экран часть видового окна, в котором в данный момент выполняются построения.
- Рамки окон, всех или части, можно не показывать. Рамкам можно придать различную толщину и цвет.
- В окнах могут быть применены различные варианты наглядной визуализации, т. е. в одном окне показаны все линии каркаса модели, в другом невидимые линии скрыты, в третьем выполнен один из вариантов быстрого тонирования (раскраски), в четвертом — фотореалистичная визуализация и т. д.
- На листе (как на стекле) можно делать надписи, чертить. Если объекты на листе строят поверх видовых окон, то создается суммарное изображение из объектов листа и пространства модели.
- На листе можно размещать растровые изображения из внешних файлов.
- В одном файле-рисунке могут быть созданы несколько листов, содержащих различные композиции видовых окон.

Композиция "Камни"

Обратимся к композиции, показанной на рис. 6.1. Одни и те же объекты (камни) из пространства модели отображены на листе в девяти видовых окнах, которые в сумме дают цельное и детальное представление о модели. Окна имеют прямоугольную форму. Часть окон представлена с рамками, другие — без рамок. В окнах установлены различные виды, как ортогональные, так и аксонометрические, с разным масштабом отображения.

В центре композиции находится видовое окно, в котором выполнена фотореалистичная визуализация всей модели с применением материалов и теневого источника света. Слева от центрального окна приведены окна ортогональных проекций: вид сверху и вид спереди, между этими окнами установлена проекционная связь. Остальные окна содержат дополнительные виды. Два из них, расположенные в нижнем ряду и доказывающие правильность установки камней, выполнены в режиме закраски. В остальных окнах приведены каркасные изображения со скрытыми линиями невидимого контура. Во всех окнах дополнительных видов объекты показаны избирательно, в частности, на одном из дополнительных видов не показан третий камень, т. к. он закрывает необходимый фрагмент модели; на другом, поясняющем

простановку размеров в объеме, показан только этот камень и скрыты остальные. В окнах правого ряда, где приведено решение метрической задачи, показаны только ребра камней.

Надписи и габаритные размеры композиции выполнены в пространстве листа (как на стекле).

6.2. Настройка листа

Итак, имеется построенная ранее модель объекта (в нашем примере это камни). Модель находится "в своем" пространстве модели и отображена на экране в одном или нескольких видовых окон, которые были необходимы для построения этой модели. Требуется на листе создать новую, оригинальную композицию видовых окон, наглядно, детально и выразительно передающую форму и особенности модели.

С видовыми окнами можно работать как в пространстве модели, так и на листе. Работа с окнами в пространстве модели — это исторически первый и на сегодня "морально" устаревший вариант. Его признаком является активность закладки **Model** (Модель) в строке закладок. Предпочтительным является второй вариант, т. е. работа на листе. Этот режим соответствует активности одной из следующих за **Model** закладок. По умолчанию они названы **Layout1**, **Layout2** и т. д., но могут иметь и другие имена. Только в таком варианте в полной мере реализуются приведенные выше свойства видовых окон.

Переход на лист. Создание закладки

В одном файле-рисунке может быть создано множество листов, каждый из которых отображается своей закладкой. На каждом листе можно создать новую композицию видовых окон. Листы обозначаются закладками ("корешками") в строке закладок. В новом файле содержатся два листа **Layout1** и **Layout2**. Обычно лист **Layout1** задействуют при разработке модели, а следующий — свободен, и его можно применить для построения презентационной композиции. В любой момент можно создать новые листы.

- ❐ Укажите закладку, на листе которой в данном файле-рисунке еще не выполнялись построения. Если нет свободных закладок, то создайте новую закладку (об этом сказано далее).

При переходе на ранее не использованную закладку в AutoCAD 2004 может появиться диалоговое окно **Page Setup** (Установки страницы), предполагающее настройку страницы печати, выбор принтера и др. Согласитесь с

предложенным вариантом настройки, которую выполним позднее (*см. "Отображение страницы печати" и разд. 6.8*).

Для создания новой закладки вызовите команду LAYOUT из главного меню:

- **Insert** (Вставить) \ **Layout** (Закладка) \ **New layout** (Новая закладка).

Для создания и редактирования закладок удобнее пользоваться контекстным меню, которое можно вызвать, щелкнув правой кнопкой мыши по любой закладке. Закладкам можно присваивать имена. Для этого следует вызвать контекстное меню этой закладки и указать в нем **Rename** (Переименовать):

- присвойте закладке, на которой будете выполнять построения, имя *Композиция*.

Настройки параметров листа

Настройки пространства модели и пространства листа могут существенно различаться. Настройку пространства модели мы выполняли при создании модели, в соответствии с истинными размерами объекта. Настройку же листа выполняют при подготовке композиции в соответствии с размерами страницы печати.

После перехода на новую закладку в зависимости от текущих настроек пакета может возникнуть отображение страницы печати. Поскольку настройка страницы нами была проигнорирована, то размеры страницы могут оказаться неудачными, а ее отображение будет мешать следующим настройкам листа. В этом случае временно отключите отображение страницы. Если вы смогли сразу настроить страницу печати, то можете оставить отображение страницы на экране.

Для отключения отображения страницы выполните следующее:

- **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройки) \ закладка **Display** (Дисплей) \ в группе **Layout Elements** (Элементы закладок) выключите переключатели: **Display Margins** (Показывать края) или **Display Printable Area** (Показывать область печати), **Display Paper Background** (Показывать основу листа). Переключатель **Display Layout and Model Tabs** (Показывать закладки) должен быть всегда включен.

Далее следует настроить лимиты, шаг и сетку пространства листа. Предположим, что создаваемая композиция будет распечатана на страницу формата A4 вдоль его длинной стороны (альбомная ориентация листа). Тогда настройки пространства будут следующими:

- по виду пиктограммы ПСК убедитесь, что активен режим листа — она должна быть треугольной. Иначе перейдите в режим листа;
- `limits` \ 0,0 \ 297,210 — заданы лимиты в соответствии с размером страницы формата A4;

- настройте шаг равным 1 и сетку равной 5 (*см. разд. 1.7*);
- **View** (Вид) \ **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все);
- клавишей <F7> или кнопкой **GRID** (СЕТКА) несколько раз включите и выключите сетку — область сетки соответствует странице печати.

Отображение страницы печати

После настройки лимитов, соответствующих размеру страницы печати, рекомендуем отобразить на экран образ страницы. Это позволит более наглядно выполнить размещение видовых окон на странице. Но можно эти настройки сейчас пропустить и выполнить их непосредственно перед выводом на печать.

Для версий AutoCAD 2004 и 2005 настройка страницы печати отличается.

- Включите сетку (нажав <F7> или указав **GRID**), отобразив область экрана, соответствующую заданным лимитам.

Для версии AutoCAD 2004:

- **File** (Файл) \ **Page Setup** (Настройки страницы) — возникло окно настройки страницы печати \ перейдите на закладку **Plot Device** (Устройство печати) и выберите принтер. Если принтер отсутствует, то укажите **None** (Ничего) \ перейдите на закладку **Plot Settings** (Настройки печати) \ укажите единицы измерения — мм \ задайте формат — в нашем примере это A4 (297×210 мм) \ укажите **Plot Area** (Область печати) — выберите **Window** (Окно) и на экране охватите рамкой область, занятую сеткой \ в поле **Plot Scale** (Масштаб печати) задайте **Scaled to Fit** (Вписать) \ в поле **Drawing Orientation** (Ориентация рисунка) укажите **Landscape** (Альбомная) \ **OK**.

Для версии AutoCAD 2005 настройка страницы печати совмещена с процессом печати:

- **File** \ **Plot** (Печать) — возникло диалоговое окно **Plot** (Печать) \ в правом нижнем углу окна **Plot** (Печать) укажите стрелку — раскроется правая часть окна \ в поле **Printer/Plotter** (Принтер/Плоттер) задайте принтер или **None** (Ничего), если принтера нет \ в поле **Drawing Orientation** установите ориентацию рисунка Landscape (Альбомная) \ в поле **Paper Size** (Размер листа бумаги) установите формат A4 \ в поле предварительного просмотра **Partial Preview** (Частичный просмотр) прочтите размеры листа — они должны быть 297 мм на 210 мм \ в поле **Plot Area** (Область печати), в списке **What to Plot** (Что печатать) укажите **Window**. Если этот выбор уже сделан, то укажите расположенную рядом кнопку **Window**. На экране охватите область, занятую сеткой \ в поле **Plot scale** (Масштаб печати) включите **Fit to paper** (Вписать в лист) \ укажите внизу кнопку **Apply to Layout** (Применить к закладке) — настройки будут сохранены и

привязаны к текущей закладке листа, иначе они будут действовать только для текущей печати \ **Cancel** (Отмена) (если нажать **OK**, пойдет печать).

Для отображения на экране подготовленной страницы:

- **Tools** \ **Options** \ закладка **Display** \ в группе **Layout Elements** включите переключатели **Display Margins** или **Display Printable**, **Display Paper Background**.

Результат

На экране отображена страница, в ней прерывистой линией отображена область печати выбранного формата (рис. 6.2).

Для других размеров страницы печати нужно переопределить лимиты и изменить формат в окне **Page Setup** или **Plot**. Отображение страницы можно увеличить до границ экрана .

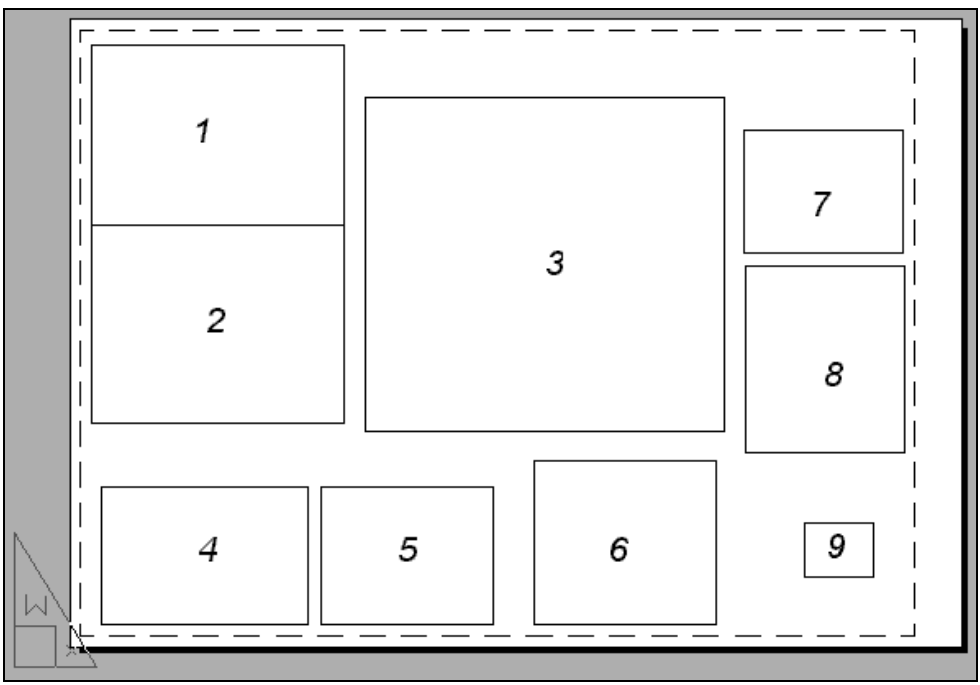


Рис. 6.2. Отображение страницы печати. Размещение видовых окон

6.3. Создание и настройка видовых окон

Прежде чем приступить к созданию новой конфигурации видовых окон, следует удалить дежурное видовое окно, возникающее при переходе на новую закладку (*см. разд. 4.1*):

- `erase` \ укажите рамку дежурного окна \ ПЩ.

Видовые окна являются объектами пространства листа и, как все объекты AutoCAD, располагаются на слоях. Создадим для окон два новых слоя, например, с именами *Рамки_скрытые* и *Рамки_видимые*. На первый слой поместим рамки окон, которые впоследствии нужно будет скрыть. На второй — те рамки, которые останутся на изображении. В любой момент рамки можно будет перенести с одного слоя на другой:

- создайте два указанных слоя и сделайте текущим слой *Рамки_скрытые*.

Приступим к созданию окон (см. рис. 6.1). Окна 1 и 2 для видов спереди и сверху:

- **View** (Вид) \ **Viewports** (Видовые окна) \ **2 Viewport** (2 окна) \ **Horizontal** (Горизонтально) \ укажите левый нижний угол окна 2 \ переместите курсор — появится контур окна. Укажите правый верхний угол окна 1.

  Результат

  Возникли два окна, в которых видны объекты пространства модели. Пока не обращайте внимания на содержание и размеры окон, их мы настроим позднее.

Центральное окно 3 композиции (см. рис. 6.2):

- **View** \ **Viewports** \ **1 Viewport** (1 окно) \ укажите два угла создаваемого окна.

Подобным образом создайте остальные видовые окна, поместив их рамки на слой *Рамки_видимые*.

Окна произвольной формы

Построив на листе окружность, эллипс, многоугольник, замкнутую полилинию или область (region) произвольной формы, можно объявить эти фигуры видовыми окнами. Рамки таких окон могут иметь требуемую толщину (*см. разд. 2.2*). Для преобразования замкнутой линии в видовое окно выполните:

- **View** \ **Viewports** \ **Object** (Объекты) \ указать фигуры, объявляемые видовыми окнами.

Пример композиции из видовых окон различной формы приведен в *гл. 11* (см. рис. 11.13).

6.4. Приемы работы с видовыми окнами

Нужно научиться работать с моделью через видовые окна, настраивать размеры и положение окон, а также отображение модели в каждом окне. Для этого следует освоить ряд приемов работы с видовыми окнами.

Переход в пространство модели через видовое окно и обратно

В каждый момент времени может быть активно только одно из пространств, пространство модели или листа. Если в статусной строке утоплена кнопка **PAPER** (ЛИСТ) и курсор в виде перекрестия перемещается по всему экрану поверх всех видовых окон, то активно пространство листа. Если надпись на той же кнопке имеет вид **MODEL** (МОДЕЛЬ), то активно пространство модели.

❒ По виду кнопки **MODEL–PAPER** (МОДЕЛЬ–ЛИСТ) опередите, какое пространство активно в данный момент.

Переход на лист

❒ Укажите несколько раз кнопку **MODEL–PAPER** — при каждом указании на ней изменяется надпись. Оставьте кнопку в состоянии **PAPER**.

В результате активным стало пространство листа. Проверьте, что курсор в виде перекрестия перемещается по всему экрану.

Другим признаком пространства листа является треугольная пиктограмма осей (см. рис. 4.6, *м*).

Переход в пространство модели

Переходить с листа в пространство модели можно через любое из созданных видовых окон с помощью той же кнопки:

❒ укажите кнопку **PAPER** — надпись на ней изменилась на **MODEL**.

В результате активным стало пространство модели. В видовых окнах возникли пиктограммы осей, имеющие вид стрелок. Одно из окон активно, в нем перемещается курсор в виде перекрестия. При выходе за границы окна курсор приобретает вид стрелки.

Чтобы сделать активным другое видовое окно, нужно навести на него курсор — он примет вид стрелки — и щелкнуть левой кнопкой мыши:

❒ поочередно активизируйте другие видовые окна.

Через любое видовое окно можно корректировать геометрию модели, и эта корректировка отразится во всех окнах, ибо модель едина. Например, ука-

жите какой-либо объект модели в одном из окон — этот объект выделился и в других окнах.

Для возврата на лист:

- укажите кнопку **MODEL** — надпись на ней изменилась на **PAPER**.

В результате восстановились указанные выше признаки пространства листа (перемещение перекрестия по всему экрану и треугольная пиктограмма осей).

Переключать пространства можно и двойным щелчком левой кнопки мыши. Если дважды щелкнуть по области видового окна, произойдет переход в пространство модели через это окно. Если дважды щелкнуть по зоне между окнами или вне окон, произойдет переход в пространство листа.

Редактирование формы, свойств и положения окон

Это редактирование осуществляется так же, как и редактирование любого объекта. Видовое окно можно переместить, скопировать или стереть вместе с содержащимся в нем изображением (при стирании окна модель сохраняется в своем пространстве, а удаляется лишь ее отображение в видовом окне). Можно изменить цвет и толщину рамки окна, перенести рамку на другой слой, применив соответствующие команды редактирования (*см. разд. 1.12, 1.13*). Форму рамки удобно редактировать ручками (*см. разд. 2.3*). Для редактирования нужно перейти в пространство листа и указать рамку как объект редактирования. Если рамка помещена на замороженный слой, то этот слой нужно временно разморозить.

Приведем примеры редактирования. По виду пиктограммы осей (треугольник) или состоянию кнопки **PAPER** убедитесь, что активно пространство листа. Для перемещения или копирования видового окна на листе:

- `move` или `copy` \ укажите рамку окна или рамки сразу нескольких окон \ ПЩ \ укажите две точки вектора перемещения — окно перенесено или скопировано вместе с содержащимся в нем изображением.

Для корректировки формы окна:

- укажите рамку окна — по его углам возникли ручки;
- убедившись, что отключена объектная привязка, укажите ручку и переместите ее.

Команда `VPCLIP` позволяет подрезать форму ранее созданного окна по периметру, задаваемому ломаной линией, содержащей линейные и дуговые сегменты. Например, можно обрезать окно по форме отображаемого в нем объекта. На этой основе возможно создание интересных композиций видовых окон.

Отображение окна во весь экран

При работе с одним окном его следует предварительно отобразить во весь экран. Для этого убедитесь по пиктограмме осей, что активно пространство листа. Далее, в версии AutoCAD 2004:

- выполните: **View** \ **Zoom** \ **Window** (Окно) или укажите \ охватите рамкой видовое окно — окно показано с увеличением на весь экран;
- перейдите в пространство модели через настраиваемое окно — укажите кнопку **PAPER** или дважды щелкните левой кнопкой мыши по области окна, окно стало активным, в нем перемещается курсор.

Для возврата на экран всех видовых окон:

- щелчок по кнопке **MODEL** или двойной щелчок в области листа между окнами;
- **View** \ **Zoom** \ **Previous** (Предыдущее) или укажите (можно **Zoom** \ **All** или укажите кнопку).

В версии AutoCAD 2005, помимо указанных действий, можно задать крайнюю правую кнопку статусной строки. Укажите кнопку , и видовое окно растянется на весь экран. Для возврата видовых окон в исходное состояние следует повторно указать ту же кнопку.

Настройка в окне требуемой точки зрения и ПСК

После того как окно активизировано, в нем можно настроить точку зрения известными средствами (*см. разд. 4.4*) или восстановить вид из списка ранее созданных и сохраненных видов (*см. разд. 5.5*).

- Согласно рис. 6.1 установите видовые точки в окнах своей композиции.

То же относится и к ПСК: в каждом окне систему координат можно задать индивидуально или можно поддерживать единую систему координат для группы окон. В окне можно восстановить ПСК из списка ранее сохраненных систем координат (*см. разд. 4.6, 5.5*).

Избирательное замораживание слоев в видовом окне

Для того чтобы скрыть объект в одном окне и оставить его в остальных, нужно в видовом окне *избирательно* заморозить слой, на котором этот объ-

ект размещен. Избирательное замораживание слоя удобнее выполнить через панель инструментов **Layers** (Слои):

- активизируйте видовое окно, в котором нужно скрыть объект, и в нем укажите скрываемый объект — в панели инструментов **Layers** (Слои) показано имя слоя, на котором находится объект (рис. 6.3);
- укажите в правой части панели направленную вниз стрелку и в раскрывшемся списке слоев переведите курсор на строку выделенного слоя;
- на строке слоя укажите знак размороженного слоя — он заменится на знак , говорящий об избирательно замороженном слое;
- для выхода из режима настройки укажите произвольную точку на экране. Согласитесь с предупреждением, что выделенные объекты перенесены на замороженный слой.

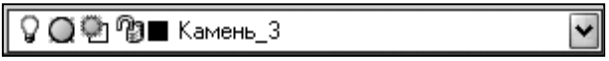


Рис. 6.3. Фрагмент панели инструментов **Layers**. Отображено имя слоя выделенного объекта

Избирательно заморозить слой или группу слоев, а также выполнить другие действия над слоями, можно командой LAYER:

- активизируйте видовое окно, в котором нужно скрыть объекты;
- `list` \ укажите объекты, которые нужно скрыть в видовом окне \ ПЩ;

Результат

На экран выведено текстовое окно, в котором приведены списки данных указанных объектов. Найдите в списках имена слоев, на которых расположены объекты.

- нажмите <F2> — текстовое окно погашено;
- `layer` или **Format** (Формат) \ **Layer** (Слой) \ в диалоговом окне **Layer Properties Manager** (Управление свойствами слоя) укажите строки с именами слоев (выделить сразу несколько строк можно, указывая их совместно с нажатыми клавишами <Ctrl> или <Shift>);
- на одной из выделенных строк укажите символ , который расположен в правой части строки. Если задержать курсор на шапке столбца данного символа, то возникнет подсказка **Current VP Freeze** (Заморозить текущее окно). После указания символа он изменится на \ **OK** — покиньте окно настройки.

Результат

В текущем видовом окне объекты, расположенные на избирательно замороженных слоях, исчезли. В остальных окнах изображение объектов сохранилось.

Работа над композицией

В соответствии с рассмотренными в этом разделе приемами работы выполните корректировку изображений во всех окнах вашей композиции согласно рис. 6.1.

6.5. Масштаб отображения видового окна

Размеры модели в пространстве модели и размеры ее изображения на листе в общем случае различны. Размеры модели, как правило, являются истинными, т. е. равными размерам объекта. Размеры изображения на листе подбирают при компоновке композиции на листе.

Отношение размеров изображения модели, измеренных на листе, к соответствующим размерам модели, измеренным в пространстве модели, называется *масштабом отображения видового окна*. Одна и та же модель в разных видовых окнах может быть показана с различным увеличением или уменьшением, т. е. с разным масштабом отображения.

Для определения и изменения масштаба отображения используется панель инструментов **Viewports** (Видовые окна) (рис. 6.4). Достаточно перейти в видовое окно или на листе указать его рамку, как в поле редактирования панели **Viewports** показано текущее значение масштаба отображения. Для изменения масштаба нужно в поле редактирования ввести новое значение масштаба. При указании расположенной на панели стрелки вниз раскрывается список, позволяющий выбрать и задать стандартные значения масштаба.

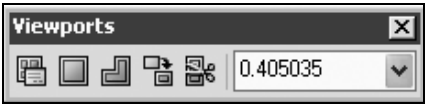


Рис. 6.4. Панель инструментов **Viewpotrs**

Для определения масштаба отображения можно применить команду `LIST`. При указании рамки видового окна будет выведен список параметров окна, в том числе его масштаб отображения. Например, значение "0.50xp" означа-

ет, что размеры изображения объекта, получаемого на листе через видовое окно, в два раза меньше, чем размеры этого объекта в пространстве модели.

Масштаб отображения можно определить и редактировать командой PROPERTIES (*см. разд. 1.13*):

- укажите рамку видового окна, она должна быть на размороженном слое;
- выполните **Modify** (Редакт) \ **Properties** (Свойства) или укажите кнопку \ прокручивая диалоговое окно редактирования свойств, найдите параметр **Custom scale** (Настраиваемый масштаб) — текущее значение масштаба отображения, которое можно изменить на требуемую величину. Выше, на строке **Standart scale** (Стандартный масштаб), можно задать стандартное значение масштаба — курсор вправо и по стрелке вниз.

Плавная визуальная настройка масштаба осуществляется командой ZOOM в режиме реального времени (кнопка). Той же командой можно задать фиксированное значение, введя его с командной строки с суффиксом xp. Допустим, нужно задать масштаб отображения 2:1:

- перейдите в настраиваемое окно \ введите zoom \ опция **Scale** \ 2xp.

Блокировка видового окна

После настройки изображения в видовом окне, т. е. задания масштаба отображения и панорамирования, можно зафиксировать изображение, не допуская случайного на него воздействия — применения внутри окна команд ZOOM и PAN. Чтобы заблокировать окно:

- укажите рамку окна \ ПЩ \ в контекстном меню укажите строку **Properties** (Свойства) \ прокручивая диалоговое окно **Properties**, найдите строку **Display locked** (Заблокировать) \ укажите поле справа и в раскрывающемся списке задайте **Yes** (Да).

Для разблокирования окна повторите указанные действия, задав на конечном этапе режим **No** (Нет).

Для управления свойствами видового окна можно применять команду VPORTS, вызывая ее с командной строки с дефисом. Дефис отключает диалоговое окно команды и делает доступным ряд дополнительных опций, отсутствующих в окне. Это распространяется на все команды, имеющие диалоговое окно. Для блокирования видового окна:

- -vports \ **Lock** (Заблокировать) \ **ON** (Вкл.) или **OFF** (Выкл.) \ укажите рамку видового окна.

6.6. Проекционная связь между видовыми окнами

На чертежах проекционная связь между основными видами — окнами видов спереди, слева, сверху — является обязательной. В композициях, предназначенных для презентаций, проекционная связь может быть рекомендована для повышения наглядности. Для установления проекционной связи между изображениями разных видовых окон необходимо в этих окнах установить единый масштаб отображения, а затем переместить изображения до проекционного совмещения.

В большинстве случаев проекционную связь с достаточной точностью можно установить вручную, применяя команды ZOOM и PAN. Для точной автоматической настройки проекционной связи следует применить команду MVSETUP. Эта команда загружается из внешнего файла mvsetup.lsp.

Рассмотрим пример применения команды MVSETUP для задания стандартной величины масштаба и проекционной связи между видами спереди и сверху для композиции на рис. 6.1. Выберем базовое окно, по отношению к которому настроим изображение в другом окне. Обычно за базовое берут окно вида спереди.

- командами ZOOM и PAN добейтесь, чтобы изображение в базовом окне занимало основную часть этого окна;
- определите получившийся масштаб отображения в базовом окне (*см. разд. 6.5*).

Пусть предварительная оценка показала, что масштаб равен 0.476xp. Тогда стандартное значение масштаба составляет 0.5 или в привычной записи 1:2. Установим в окнах единый масштаб отображения:

- mvsetup \ **Scale viewports** (Масштаб отображения видового окна) \ введите s \ укажите рамки окон — в нашем примере это окна видов сверху и спереди \ ПЩ — выбор закончил \ повторно ПЩ, т. е. согласитесь с предложением задать общий масштаб для выбранных окон \ "Enter the number of paper space units" (Число единиц пространства листа:) — введите 1 \ "Enter the number of model space units" (Число единиц пространства модели:) — введите 2 \ ПЩ.

После задания единого масштаба в окнах, как правило, устанавливается и проекционная связь. Если этого не произошло, следует еще раз применить команду MVSETUP с опцией выравнивания **Align** (Выровнять). Предусмотрено горизонтальное и вертикальное выравнивание. В выравниваемых окнах нужно указать одну и ту же точку модели, применяя объектную привязку или вводя координаты в МСК. Во многих случаях совмещение можно выполнить по точке (0,0), даже если она не принадлежит объекту.

Завершим проекционную связь между видами спереди и сверху — это вертикальное выравнивание. За основу (базовое окно) возьмем вид спереди, второе окно выровняем по нему. Если после настройки масштаба в базовом окне изображение смещено относительно середины окна, нужно командой PAN установить его на середину. После этого повторно вызываем команду MVSETUP:

- mvsetup \ **Align** \ **Vertical** (Вертикально) \ активизируйте то окно, *по которому* будем выравнивать (окно вида спереди) \ введите 0,0 \ перейдите во второе окно \ вновь введите 0,0 \ ПЩ.

Результат

Установлена проекционная связь между видами спереди и сверху.

Если требуется проекционная связь между видами спереди и слева, повторите действия, задав горизонтальное выравнивание **Horizontal** (Горизонтально).

6.7. Надписи и размеры на листе

Надписи и несложные построения, связанные с оформлением, рекомендуется выполнять на листе. Это могут быть основная надпись (штамп) чертежа, экспликация в архитектурно-строительных чертежах, заголовки, комментарии или размеры.

Для выполнения надписей на листе создайте гарнитуру шрифта, слой для надписей, выйдите на лист и примените команду DTEXT или MTEXT (*см. разд. 2.9*):

- выполните заголовок композиции, подобрав для него выразительный шрифт, а также выполните комментарии к видам и скромную подпись (см. рис. 6.1).

Существует стиль выполнения чертежа, при котором изображения — виды, разрезы и т. д. — выполняют в пространстве модели, а размеры наносят на листе. В нашем примере рекомендуем подобным образом проставить габаритные размеры всей груды камней (см. рис. 6.1).

Напомним, что объекты находятся в пространстве модели и на лист отображены в соответствии с масштабом отображения видового окна. Поэтому, если размеры задаются как ассоциативные, т. е. принимается значение, предлагаемое системой (а она берет их с листа по размеру изображения), то необходима корректировка размерного линейного масштаба. Для размеров на листе следует создать новый размерный стиль — это позволит исключить влияние настроек размеров на листе на размеры, проставленные в модели.

Итак:

- определите масштаб отображения в видовом окне (*см. разд. 6.5*);
- задайте линейный масштаб размеров равным величине, обратной масштабу отображения (*см. разд. 3.6*);
- перейдите на лист и с применением объектной привязки **Endpoint** (Конечная) проставьте линейные размеры габаритов композиции.

Объекты на листе, например, размеры, не связаны с объектами модели, они находятся в разных пространствах (считайте, что размеры проставлены на стекле, помещенном перед объектом). Поэтому изменение масштаба или панорамирование внутри видового окна приведут к отрыву размеров от изображения. Чтобы уменьшить вероятность случайного нарушения и смещения размеров относительно изображения, видовое окно следует заблокировать (*см. разд. 6.5*).

6.8. Завершение композиции. Вывод на печать

- Придайте линиям толщину (*см. разд. 2.2*). Толщину можно назначать каждому объекту либо слою, которому принадлежат объекты. В последнем случае толщина линий объекта должна быть задана как BYLAYER (*см. разд. 2.12*). В нашем примере для объектов (камней) задайте толщину линий контура равной от 0.7 до 1, толщина остальных линий (размеров, вспомогательных построений в метрической задаче и др.) может быть задана равной от 0.2 до 0.3.
- Настройте и отобразите на экран страницу печати (*см. разд. 6.2*). В отличие от предварительной настройки страницы, сейчас следует задать принтер, на котором будет выполняться печать.
- При настройке страницы печати в поле **Plot Options** (Настройки печати) установите переключатель **Plot Object Lineweights** (Печатать объекты с толщиной линии) и **Plot in Background** (Печатать фон). Печать фона предусмотрена только в AutoCAD 2005.
- Сохраните выполненные настройки страницы. Для этого при выходе из окна настройки укажите **OK** (в AutoCAD 2004) или **Apply to Layout** (Применить к закладке) \ **Cancel** (Отмена) (в AutoCAD 2005).
- После отображения страницы уточните размещение композиции внутри области печати, которая на отображении страницы показана прерывистой линией (см. рис. 6.2). Необходимость в уточнениях возникает при первом задании принтера или его замене.
- В соответствии с содержанием композиции скройте рамки части видовых окон, заморозив слой, на котором эти окна были созданы. Для остальных

рамок задайте цвет если видовые окна созданы преобразованием объектов, то их рамкам можно придать толщину.

- Задайте фон композиции как цвет экрана в пространстве листа (*см. разд. 2.15*).
- Выполните в окнах наглядную визуализацию: в центральном окне — фотореалистичную (*см. гл. 7, 8*), в остальных окнах скройте невидимые линии командой HIDE (для этой команды можно задать особые режимы отображения, *см. разд. 4.3*) или выполните закраску командой SHADEMODE.

Перед выводом на печать нужно выполнить предварительный просмотр и убедиться в правильности настроек, определяющих печать:

- **File \ Plot Preview**.

Результат

Возникло изображение страницы в том виде, в каком она будет выведена на печать, за исключением фона, который в предварительном просмотре не отображается. Убедитесь, что в окнах скрыты невидимые линии, толщина линий соответствует заданной и обеспечена цветопередача.

После этого страницу можно вывести на печать. Для этого в режеме предварительного просмотра вызовите (правым щелчком мыши) контекстное меню и укажите в нем строку **Plot**. Более подробно вывод на печать, а также вопросы, связанные с настройкой масштаба, области печати, вывод на несколько страниц рассмотрены в *разд. 3.8*.

Фиксирование режима визуализации

По умолчанию изображения выводятся на печать в том виде, в каком они предварительно были созданы в видовых окнах. То есть если невидимые линии были удалены в окне, то их не будет и в распечатке. То же относится и к фотореалистичной визуализации — предварительно ее нужно создать в видовом окне.

Недостатком рассмотренного варианта является необходимость восстанавливать визуализацию в окнах при каждом выходе из предварительного просмотра или незначительной корректировке композиции, когда происходит так называемая регенерация рисунка. При регенерации сбрасываются все визуализации кроме закраски SHADE.

Чтобы избежать необходимости повторных визуализаций, рекомендуется присвоить видовым окнам соответствующий им режим визуализации. Этот режим будет обеспечен при выводе на печать независимо от предварительного состояния окна:

- укажите рамку видового окна (если она скрыта, ее нужно разморозить) \ ПЩ \ в контекстном меню укажите **Properties** (Свойства) \ прокручивая

диалоговое окно **Properties** (Свойства), найдите **Shade Plot** (Печать теней) \ укажите поле справа и в раскрывающемся списке задайте режим визуализации окна при печати — **Hidden** (Скрытый) или **Render** (Тонирование).

Качество печати растровых изображений, входящих в композицию, или выводимых автономно, определяется в окне настройки страницы печати, в группе **Shaded Viewport Options** (Настройка тонирования видового окна), раскрывающийся список **Quality** (Качество). Следует задать режим, обеспечивающий требуемую плотность растрового изображения по показанию поля **DPI** (для черновых распечаток 150 dpi, для итоговых — 300 dpi и выше).

6.9. Презентация

Помимо вывода на печать создайте для отчета ряд растровых файлов в формате JPG или TIFF. Это изображение всей композиции видовых окон, а также другие, отражающие содержание и последовательность выполнения работы, полноэкранные изображения отдельных видовых окон (*см. разд. 8.9*).

Для презентации работы можно применить распространенный просмотрщик растровых файлов ACDSee 32 или поставляемую с ОС Windows программу просмотра изображений в режиме Slide Show (Последовательный вывод слайдов).

"Продвинутым" пользователям рекомендуем набрать несложную программу (листинг 1), которая позволит реализовать презентацию средствами AutoCAD (написана на языке AutoLisp [7]).

Листинг 1. Программа презентации — вывод на экран растровых изображений

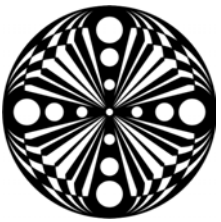
```
(defun c:qq ( )                ;программа презентации
 (setvar "cmdecho" 0)          ;отключить эхо-вывод
 (arxload "acrender.arx")      ;загрузка визуализации
 (repeat 3                     ;кол-во повторов
   (setq i 1)
   (repeat 8                   ;по количеству слайдов
     (c:replay (rtos i) "tif");вывод слайда
     (command "delay" 1000)    ;задержка времени в мс
     (setq i (1+ i))
   )
 )
)
```

Программа предусматривает, что имеется предварительно созданная группа растровых файлов с именами 1.tif, 2.tif, ..., 8.tif, помещенная в одну директорию.

- В директорию, содержащую растровые файлы презентации, поместите какой-либо DWG-файл и загрузите пакет, указав значок этого файла. В этом случае директория запуска будет установлена на пути поиска файлов.
- **Tools** \ **Load Application** (Загрузить приложение) \ найдите и укажите файл программы \ **Load** (Загрузить) — произошла загрузка программы.
- Для запуска презентации введите из командной строки имя функции qq.

Учитывая широкие возможности программирования в AutoCAD, презентацию можно сделать более интересной. Например, реализуйте вывод картинок по определенному сценарию сразу в нескольких видовых окнах; переключение между окнами выполняется командой CVPORT.

Глава 7



Фотореалистичная визуализация. Свет и тени

Развитие 3D-технологий проектирования, основанных на построении объемной модели, привело к появлению в пакете AutoCAD средств, позволяющих получать фотореалистичные изображения проектируемых деталей и узлов машин, архитектурных объектов. Фотореалистичность достигается заданием освещения и построением теней, присвоением поверхностям модели свойств материалов, установкой фона, имитацией обстановки — ландшафта.

В этой и следующей главах подробно изложены методы фотореалистичной визуализации. Рекомендуем терпеливо повторить все приведенные примеры. Дополнительно посмотрите фирменную справочную информацию:

- **Help** (Помощь) \ **User's Guide** (Руководство пользователя) \ **Create Realistic Images and Graphics** \ **Render 3D Objects for Realism**.

7.1. Общие настройки

Создадим несложную композицию (рис. 7.1), в которой сфера представляет криволинейные поверхности, куб — грани, а основание — поверхность стола, воспринимающая тень. Размер стороны куба и диаметр сферы задайте от 80 до 100. Объекты создайте как сплошные (solids):

- создайте на листе три видовых окна, установив в них виды спереди, сверху и аксонометрию;
- перейдите в окно вида сверху;
- `box` \ 110,80 \ @310,190, −3 — построено основание;
- `sphere` \ 200,160,45 \ 45 — построена сфера радиусом 45;
- `box` \ 265,160 \ **Cube** \ 80 — куб со стороной 80;
- отобразите композицию во всех окнах, задав запас пространства для размещения источников света;

❐ присвойте сфере красный цвет, кубу — синий, а основанию — цвет № 40.

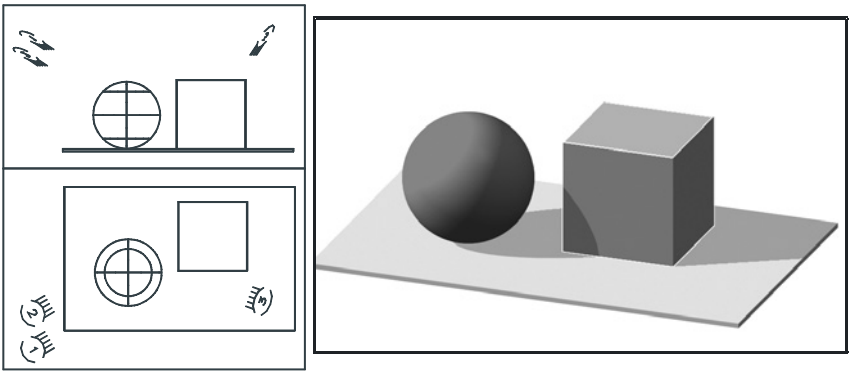


Рис. 7.1. Композиция и схема освещения тремя дистанционными источниками света (*а*). Визуализация в режиме **Photo Real** (*б*)

Команды фотореалистичной визуализации сосредоточены в пункте меню **View** (Вид) \ **Render** (Тонирование). Однако удобнее пользоваться панелью инструментов (рис. 7.2):

❐ вызовите панель инструментов **Render** и поместите ее в свободной части экрана (*см. разд. 1.3*).

Рис. 7.2. Панель инструментов **Render** фотореалистичной визуализации

7.2. Режимы визуализации

Предусмотрено три режима фотореалистичной визуализации. Первый режим — **Render** (Упрощенное) — предназначен для "черновой" визуализации, в этом режиме не передаются тени и многие свойства материалов. Второй режим — **Photo Real** (Фотореалистичный) — передает тени и свойства материалов за исключением зеркальности, прозрачности и рельефности. Третий режим — **Photo Raytrace** (Трассировка луча) — обеспечивает максимальное качество визуализации, но и приводит к наибольшим затратам времени.

Начнем с режима упрощенной визуализации.

- Активизируйте окно, подлежащее визуализации, — сделайте двойной щелчок по окну аксонометрии.
- Укажите кнопку панели **Render** или выполните **View** \ **Render** \ **Render** (Тонировать) — возникло диалоговое окно визуализации (рис. 7.3).
- Найдите в диалоговом окне раскрывающийся список **Rendering Type** (Тип тонирования). При первой визуализации в этом списке предложен режим **Render** (Упрощенное). Если предложен другой режим, то раскройте список и выберите режим **Render** (Упрощенное).
- Согласитесь со всеми остальными настройками окна. Укажите кнопку **Render** (Тонировать) в нижней части окна.

Результат

Визуализировано окно аксонометрии. Цвет объектов определен цветом их каркаса.

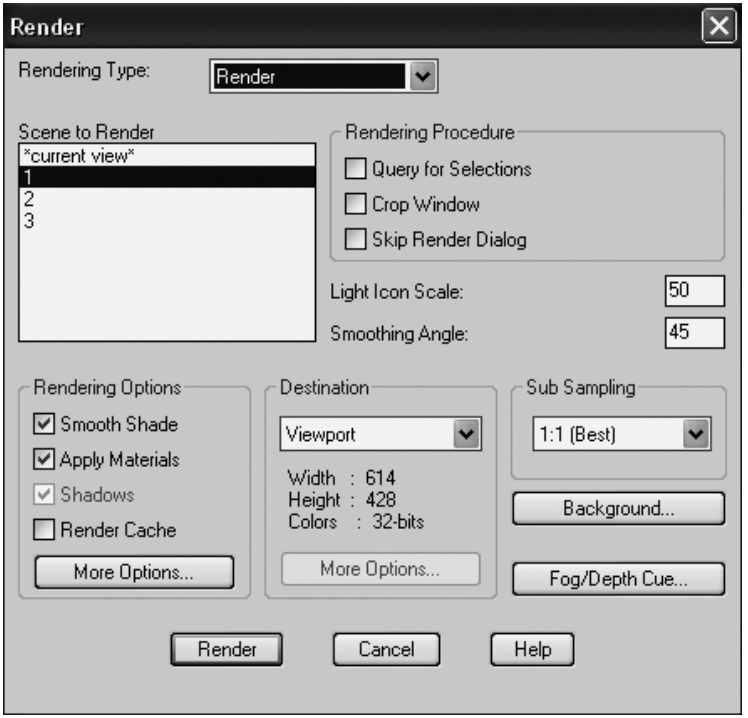


Рис. 7.3. Диалоговое окно **Render** фотореалистичной визуализации

Далее, в *гл. 8*, мы рассмотрим присвоение объектам материалов с разнообразными свойствами.

7.3. Качество визуализации контура и ребер

Для изображения, полученного в режиме упрощенной визуализации **Render** (Упрощенная), характерна грубая дискретность. Ребра гранных объектов, положение которых на экране близко к горизонтальному или вертикальному, имеют ступенчатость (зазубрины). Контур криволинейных поверхностей отображается ломаной линией. В нашем примере в окне аксонометрии горизонтальные ребра куба и основания ступенчатые, а края сферы переданы в виде многоугольника.

Для уменьшения ступенчатости ребер необходимо перейти на режим визуализации более высокого уровня и увеличить значение параметра **Anti-Aliasing** (Сглаживание):

- в диалоговом окне **Render** (Тонирование) (см. рис. 7.3) задайте в поле **Rendering Type** тип визуализации **Photo Real**;
- в том же диалоговом окне укажите **More Options** (Дополнительные опции) — открылось новое окно. Найдите поле **Anti-Aliasing** и задайте режим сглаживания **Medium** (Среднее) или **High** (Высокое) \ **OK**.

Для увеличения плавности контура криволинейных сплошных объектов (solids):

- **Tools** \ **Options** (Настройки) \ **Display** (Дисплей) \ найдите параметр **Rendered Object Smoothness** (Сглаживание объектов визуализации). Его начальное значение равно 0.5. Увеличьте его до 5—10;
- визуализируйте окно аксонометрии — ступенчатость ребер практически исчезла, контур сферы гладкий (рис. 7.4).

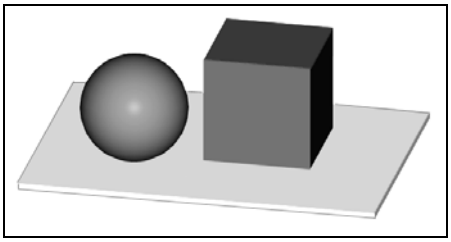


Рис. 7.4. Визуализация в режиме **Render**

Средства сглаживания заметно увеличивают время визуализации — это цена возросшего качества изображения.

7.4. Источники света. Схема освещения

Если не заданы специальные источники света, то сцена освещена "дежурным" источником — пучком параллельных лучей, перпендикулярных плоскости экрана (см. рис. 7.4). Для моделирования освещения устанавливают дополнительные источники. Наличие хотя бы одного дополнительного источника отменяет "дежурный".

Предусмотрено три типа источника света: **Point Light** (Точечный), **Distant Light** (Удаленный) и **Spotlight** (Прожектор). Можно регулировать интенсивность и цвет каждого источника. Источник может давать тень или быть бестеневым. Наиболее простыми в настройке являются дистанционные источники. Кроме того, можно регулировать фоновое освещение **Ambient Light** (Рассеянный свет), его интенсивность и цвет.

Количество источников света, как правило, не должно превышать двух-трех. Дальнейшее увеличение количества источников осложняет настройку, увеличивает время визуализации, не приводя, как правило, к повышению качества.

Применим простую и эффективную схему освещения, показанную на рис. 7.1. Источник 1 расположим слева, сделаем его теневым, т. е. от него будет падать тень. Источник 2 — бестеневой, его направим так же, как и первый. Источник 3 будет осуществлять подсветку затененной части объектов.

Источник света на экране отображается в виде значка, расположенного в месте установки источника (см. рис. 7.1). Для направленных источников значок показывает направление их действия. Размер значка можно регулировать — он не влияет на свойства источника света. Для удобства работы рекомендуем настроить размер значка так, чтобы он был хорошо виден на экране:

- Выполните **View** \ **Render** (Рендеринг) \ **Preferences** (Настройка) или укажите . В возникшем диалоговом окне найдите параметр **Light Icon Scale** (Размер значка) и установите его значение в интервале от 40 до 60.

7.5. Дистанционный источник света. Тени

Согласно схеме освещения, показанной на. рис. 7.1, создадим три дистанционных источника.

Теневой источник света

- **View** \ **Render** \ **Render** (Тонировать)\ **Light** (Свет) или укажите — возникло диалоговое окно **Light** (Свет) (рис. 7.5).
- Задайте тип источника. Для этого укажите стрелку раскрывающегося списка и в нем пункт **Distant Light** (Удаленный).
- Укажите **New** (Новый) — возникло диалоговое окно **Distant Light** (Удаленный) (рис. 7.6).
- Задайте имя источника в поле **Light Name** (Имя источника), например — 1 или *Теневой*.
- Установите значение **Intensity** (Интенсивность) источника от 0.4 до 0.6.

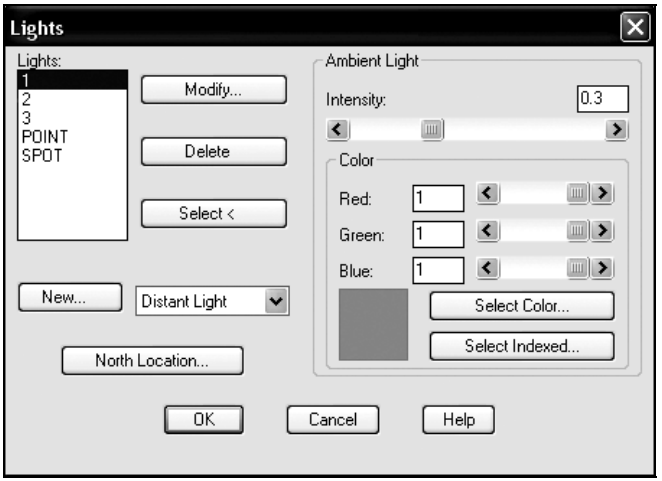


Рис. 7.5. Диалоговое окно **Light** задания источников света

Направление светового потока определяется двумя диаграммами, расположенными в правой части диалогового окна **Distant Light**. Первая, помеченная N, позволяет задать **Azimuth** (Азимут) — угол между направлением лучей и направлением на север (угол в плане, на виде сверху). Вторая диаграмма

задает угол наклона лучей к плоскости Земли — **Altitude** (Высота). Считается, что источник находится на окружности диаграммы и направлен в ее центр. Значения углов можно либо ввести в поля над диаграммами, либо изменить перемещением движка скользящей шкалы под диаграммой. Можно указать точку на окружности диаграммы.

- ❒ Задайте направление источника 1 согласно рис. 7.1, 7.6: **Azimuth** равен −120°, **Altitude** равна 30°.

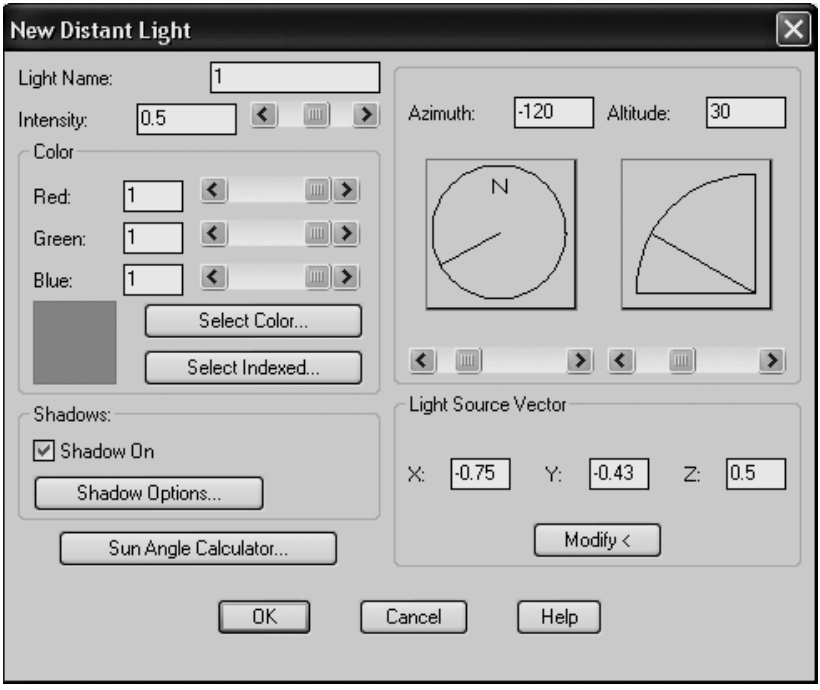


Рис. 7.6. Диалоговое окно **New Distant Light** настройки дистанционного источника света

Найдите на экране значок созданного источника. По видам спереди и сверху убедитесь, что направление источника соответствует желаемому (в нашем примере — см. рис. 7.1). Иначе выполните корректировку (*см. разд. 7.6*). Значок дистанционного источника можно перемещать в видовом окне — это не влияет на условия освещения, т. к. задается пучок параллельных лучей. Командой `MOVE` переместите значок к краю видового окна.

По умолчанию направление на Север принято вдоль оси *Y* МСК. В диалоговом окне **Light** (см. рис. 7.5) это направление можно изменить указав кнопку **North Location** (Направление на Север). Кнопка **Sun Angle Calculator**

(Расчет источника солнечного света) окна (см. рис. 7.6) позволяет задать направление источника солнечного света для заданного места и времени.

Режимы построения тени

- В диалоговом окне (см. рис. 7.6) найдите **Shadows** (Тени) и переключателем **Shadow On** (Включить тень) включите режим построения теней.
- Укажите кнопку **Shadow Option**s (Параметры теней) — возникло новое диалоговое окно, позволяющее настроить режим построения тени.

Предусмотрено два режима построения теней. Первый — **Ray Traced Shadows** (Тени трассировки луча) — строит тень со строго очерченным контуром. Второй режим — **Shadow Volumes** (Объемные тени) — более реалистичен и создает тень с размытыми границами. Сейчас применим первый режим:

- укажите переключатель режима тени — будет задействован режим **Ray Traced Shadows** (Тени трассировки луча), поля остальных настроек должны погаснуть \ **OK** \ **OK** — закройте все окна задания источника света.

Бестеневые источники света

Самостоятельно создайте источники 2 и 3 (см. рис. 7.1, *а*). Источник 2 — бестеневой и предназначен для снижения плотности тени. Для этого источника переключатель **Shadow On** (Включить тень) должен быть выключен. Остальные параметры источника 2 те же, что и для источника 1.

Источник 3 также бестеневой, предназначен для подсветки затененной стороны объектов:

- укажите кнопку \ задайте имя источника — 3, а его интенсивность 0.3—0.4 \ **Azimuth** задайте равным 110, **Altitude** задайте 55;
- `move` \ расположите значки созданных источников как показано на рис. 7.1, *а*;
- визуализируйте видовое окно.

Результат должен соответствовать рис. 7.1, *б*. Прежде всего обратите внимание на наличие тени с четко очерченными границами.

7.6. Корректировка источников света

При правильно заданном освещении на криволинейной поверхности (например, на сфере) должны быть видны освещенная и теневая области. Каждая из них, в свою очередь, должна иметь плавное изменение яркости, а не выглядеть однородным засвеченным или затемненным участком. У гранной поверхности (например, куба) смежные грани должны иметь различную ин-

тенсивность освещения. Тени должны иметь направление, подчеркивающее форму и взаимное положение объектов, а не уходить за объекты. Насыщенность теней должна быть оптимальной.

Если эти критерии не выполняются, то необходимо корректировать параметры источников света. В нашем примере для корректировки размеров и направления падающей тени нужно изменить направление источников 1 и 2. Для уменьшения общей интенсивности освещения нужно пропорционально снизить интенсивности обоих источников. Для повышения плотности падающей тени и ее насыщенности нужно увеличить интенсивность теневого источника 1 и в той же мере снизить ее у источника 2. Плотность собственной тени или затененных областей регулируется настройкой источника 3.

Корректировка свойств источников

- Откройте окно настройки источников света, указав кнопку , в списке **Light** (Свет) найдите и укажите тот, который требует корректировки, а затем укажите клавишу **Modify** (Изменить);
- в диалоговом окне источника внесите коррективы в его направление, интенсивность и другие свойства;
- повторите визуализацию.

Направление света от дистанционного источника или прожектора можно корректировать, поворачивая значок источника командой `ROTATE`. Положение точечного источника или прожектора можно корректировать перемещением значка командой `MOVE`.

Тень с размытыми границами

В качестве примера корректировки изменим режим создания тени источника 1. Выше он был настроен на тень со строго очерченными границами. Зададим режим с размытыми границами:

- укажите кнопку \ укажите в списке источник 1 \ **Modify** (Изменить);
- в окне редактирования источника укажите клавишу **Shadow Options** (Параметры теней);
- задайте режим **Shadow Volumes** (Объемные тени) — стали доступны дополнительные параметры. Первый из них — **Shadow Map Size** (Размер карты тени) — определяет тщательность прорисовки контура тени. Второй — **Shadow Softness** (Смягчение теней) — ширина переходной зоны по границе тени;

- задайте значение **Shadow Map Size** (Размер карты тени) равным 512. Параметр **Shadow Softness** (Смягчение теней) задайте в интервале от 4 до 8.

В результате визуализации на экране станет видна зона размытия границы тени (рис. 7.7). Дополнительные параметры, определяющие смещение области тени относительно объекта, находятся в диалоговом окне **Render** (Тонирование) (см. рис. 7.3), в дополнительных параметрах, вызываемых при нажатии на кнопку **More Options** (Дополнительные параметры) — **Minimum Bias** (Минимальное смещение) и **Maximum Bias** (Максимальное смещение) (для подробной информации прочитайте соответствующий раздел справочной системы, вызываемый при нажатии **Help** (Помощь) в данном окне).

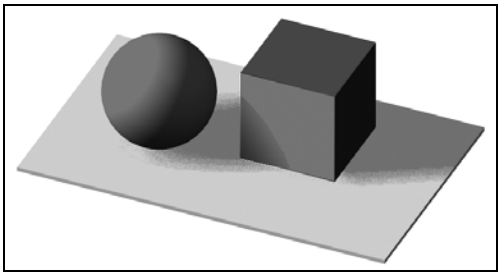


Рис. 7.7. Тень с размытыми границами

7.7. Точечный источник света. Сцена

Точечный источник света в сравнении с дистанционным обеспечивает более высокое качество освещения, но при этом требует более "тонкой" настройки.

- Укажите \ задайте тип источника **Point Light** (Точечный) \ **New** (Новый) — возникло окно настройки точечного источника.
- Задайте имя источника, например — *Point* \ установите интенсивность в интервале от 200 до 250.

Требуется задать положение источника. Это можно сделать, указав кнопку **Modify** (Изменить) и введя с командной строки координаты (в нашем примере 83, 105, 170). Можно после **Modify** указать на экране две точки — одну в окне вида сверху, вторую в окне вида спереди. Однако проще пропустить эту настройку, а позднее переместить значок источника в требуемое положение.

- Найдите **Shadows** (Тени) и включите режим **Shadow On** (Включитьт тень).

- Укажите кнопку **Shadow Options** (Параметры теней) \ задайте режим **Ray Traced Shadows** (Тени трассировки луча) \ **OK**.

Найдите в видовых окнах значок созданного источника *Point*. Если при создании нового источника настройка его положения была пропущена, то на виде сверху значок источника по умолчанию расположен в центре видового окна. Для корректировки положения точечного источника выполните:

- `move` \ переместите значок в рекомендуемое положение согласно рис. 7.8, сначала переместите значок в окне вида сверху, затем в окне вида спереди.

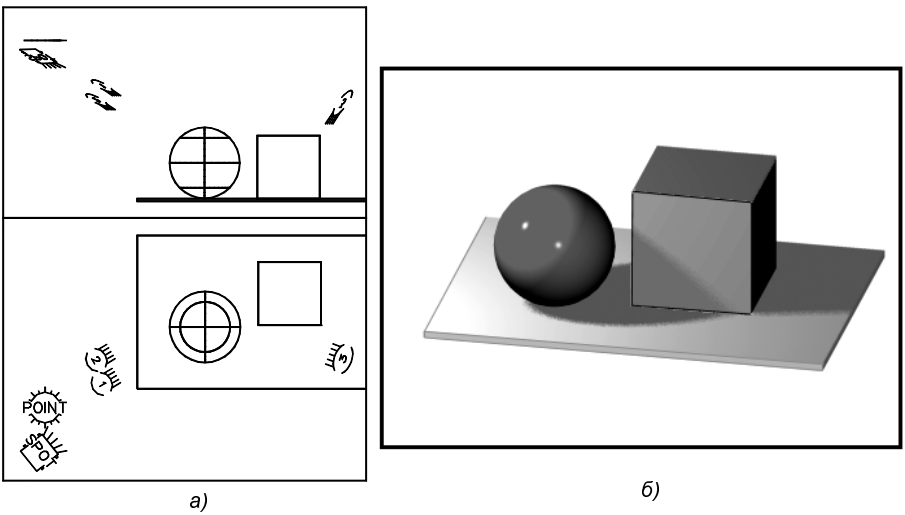


Рис. 7.8. Добавление точечного источника и прожектора (*а*). Освещение точечным теневым источником (*б*)

Сцена

Выполнять визуализацию с новым точечным источником пока преждевременно, т. к. присутствуют ранее созданные дистанционные источники, которые требуется отключить. С этой целью организовывают сцены.

Сценой называют набор источников света и видовую точку. Например, сейчас создано четыре источника света. Для повторения предыдущей визуализации нужны источники 1, 2 и 3. Для новой визуализации — источники *Point* и 3. Создадим две сцены:

- укажите кнопку или **View** \ **Render** \ **Scene** (Сцена) — возникло окно **Scenes** (Сцены) задания сцен.

- укажите кнопку **New** (Новая) — возникло окно задания параметров новой сцены;
- в поле **Scene Name** (Имя сцены) введите, например, 1 или Dist;
- в списке **Lights** (Источники света) приведены все источники света. Нажмите клавишу <Ctrl> на клавиатуре и, не отпуская ее, укажите источники, включаемые в сцену, — это источники 1, 2 и 3;
- если были созданы именованные виды (*см. разд. 5.5*), то их имена будут приведены в списке **Views** (Виды). Можно указать один из них, и тогда сцена будет реализована при данном виде;
- **OK** — покиньте окно;
- подобным образом задайте вторую сцену, включив в нее источники *Point* и 3. Сцене дайте имя *Point*.

Визуализируйте окно аксонометрии для новой сцены:

- укажите кнопку визуализации \ в списке **Scene to Render** (Сцена для тонирования) окна визуализации (см. рис. 7.3) выберите имя сцены *Point* \ **OK**.

Результат должен соответствовать рис. 7.8.

В полученной визуализации обратите внимание на то, как, по мере удаления от точечного источника, снижается интенсивность освещения. Это хорошо видно по освещению основания композиции и граней куба. Наглядность визуализации (в сравнении с дистанционным источником, дающим равномерную интенсивность) при этом заметно возрастает. Предусмотрена возможность регулировать снижение интенсивности точечного источника по мере удаления от него — параметр **Attenuation** (Спад) в окне настройки источника. Интенсивность может быть либо равномерной, либо спадать по линейному или квадратичному закону.

- Внесите коррективы в настройку точечного источника, задав границу теней размытой. Визуализируйте сцену.

7.8. Прожектор

Прожектор — третий тип источника света, который создает конический пучок света. Параметрами прожектора являются точка цели (target), точка вершины конуса (location) — как место нахождения прожектора, а также два угла при вершине конуса. Первый угол определяет внутренний конус, задающий яркое световое пятно (hotspot). Второй угол задает наружный конус, как границу светового пучка (falloff). Между первым и вторым конусами интенсивность света спадает от максимальной величины до нуля.

Приблизительно определите координаты двух точек, задающих цель, и положение прожектора. Для нашего примера координаты приведены ниже. Задайте прожектор:

- укажите \ задайте тип источника **Spotlight** (Прожектор) \ **New** (Новый) — возникло окно настройки прожектора;
- задайте имя источника, например — *Spot* \ установите интенсивность источника в интервале от 250 до 350;
- укажите кнопку **Modify** (Изменить) \ на запрос "light target:" введите 320, 225,0 \ на запрос "light location:" введите 25, 48, 160;
- задайте угол конуса, определяющего яркое световое пятно **Hotspot** (Яркое пятно) равным 30—35;
- задайте угол наружного конуса, определяющего границу светового пятна **Falloff** (Полный конус) на 5—10 градусов больше, чем внутренний угол, т. е. 3545;
- задайте режим построения тени **Ray Traced Shadows** (Тени трассировки луча) или **Shadow Volumes** (Объемные тени) с небольшим размытием границ;
- **OK** — закройте окна настройки.

Найдите в видовых окнах значок созданного источника. Его положение и направление должны соответствовать рис. 7.8, *а*. Направление проверьте по двум проекциям. Если источник установлен неверно, отредактируйте его перемещением и поворотом значка (используя команды `MOVE` и `ROTATE`).

- Создайте новую сцену , включив в нее новый источник *Spot* и источники подсветки 2 и 3.
- Визуализируйте видовое окно аксонометрии, выбрав новую сцену. Результат визуализации должен соответствовать рис. 7.9.

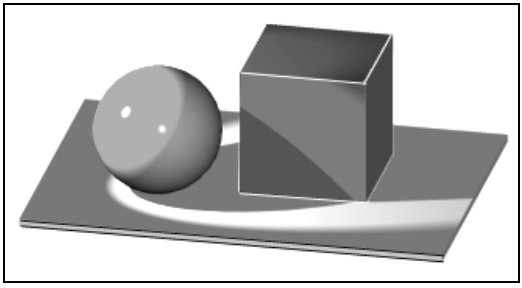


Рис. 7.9. Освещение прожектором

На полученной визуализации воспроизведено эллиптическое световое пятно прожектора. В связи с тем, что параметры **Hotspot** (Яркое пятно) и **Falloff** (Полный конус) имеют близкие значения, граница пятна весьма контрастна. Для смягчения границы пятна нужно либо уменьшить **Hotspot** (Яркое пятно), либо увеличить **Falloff** (Полный конус). Проверьте это.

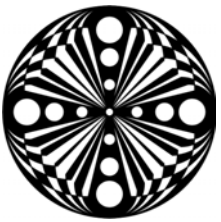
7.9. Фоновое освещение и цвет света

Помимо света от сосредоточенных источников, в освещении участвует свет, отраженный от окружающих предметов. Это фоновое освещение называется **Ambient Light** (Рассеянный свет). Такое освещение моделируется в окне задания источников света (см. рис. 7.5). По умолчанию интенсивность фона установлена от 0.2 до 0.3. С увеличением интенсивности фонового освещения снижается влияние сосредоточенных источников, что приводит к уменьшению контрастности изображения.

Для вновь создаваемых источников предусмотрен белый цвет — солнечный спектр. Цвет источника может быть изменен. В диалоговом окне каждого типа источника предложено три варианта задания цвета: смешением трех основных цветов, по номограмме и по образцу. Подробнее настройка цвета рассмотрена при задании материалов (*см. разд. 8.3*).

❒ Измените цвет прожектора и повторите визуализацию.

Глава 8



Материалы фотореалистичной визуализации

Материал — это комплекс свойств, присваиваемых поверхности визуализируемого объекта (цвет, рисунок, зеркальность, рельефность, прозрачность и т. д.). Материалы могут придать объекту реалистичность или отразить безграничную фантазию автора. Во многих случаях можно воспользоваться подготовленными материалами из библиотеки, но очень скоро возникает потребность создать свой, новый материал.

В данной главе изложены свойства материалов, их создание и применение. В качестве объектов, к которым будем прикладывать материалы, возьмем ранее созданную композицию из сферы и куба (см. рис. 7.1). Кроме того, будут рассмотрены основы работы с растровыми изображениями.

8.1. Присвоение материалов

Подберем ряд материалов из библиотеки и присвоим их объектам нашей композиции.

Материалы из библиотеки

Библиотека материалов AutoCAD загружается при полной инсталляции пакета и содержит от 160 до 180 материалов с разнообразными свойствами.

- Укажите кнопку панели инструментов **Render** (Тонирование) или в меню строку **View** (Вид) \ **Render** (Тонирование) \ **Materials Library** (Библиотека материалов) — возникло диалоговое окно **Materials Library** (Библиотека материалов).
- Прокрутите список в правой части окна — это материалы "фирменной" библиотеки Render.
- Укажите материал RED PLASTIK, который мы присвоим сфере.

- Укажите кнопку **Preview** (Просмотр) — материал показан на сферическом (sphere) или кубическом образце (cube). Сейчас нужен сферический образец. Задайте образец нужного типа.
- Укажите **Import** (Импорт) — материал внесен в список **Current Drawing** материалов текущего рисунка.
- Выберите и внесите в рисунок еще ряд материалов: 3D CEL TEXMAP, BLUE/GRN 3DS, APE, APE BUMP, BLUE MATTE, BEIGE MATTE.

Присвоение материала объекту

Независимо от того, выбран ли материал из библиотеки или создан как новый, его присвоение объектам выполняется в следующей последовательности:

- **View** \ **Render** \ **Materials** (Материалы) или укажите — возникло окно **Materials**. В левой части окна находится список материалов, выбранных из библиотеки, или новых, созданных автором;
- укажите в списке нужный материал, например, RED PLASTIK, затем кнопку **Attach** (Присоединить). На экране укажите объект (сферу), которому присваивается выбранный материал;
- присвойте выбранные материалы остальным объектам композиции: BLUE MATTE — кубу, BEIGE MATTE — основанию \ **OK**;
- визуализируйте сцену 1 с новыми материалами объектов. Обратите внимание на изменение материала сферы — отчетливо проявились световые блики на ее поверхности.

Для определения имени материала, ранее присвоенного объекту, необходимо в диалоговом окне **Materials** (Материалы) указать кнопку **Select** (Выбор), а затем указать объект. В нижней части диалогового окна будет выведено сообщение с указанием материала указанного объекта. Если объекту не присвоен материал, то появится сообщение с именем материала **GLOBAL**. Это условный материал, цвет которого определяется цветом каркаса объекта.

Присвоение материала объектам можно выполнить по признаку слоя, на котором расположены эти объекты, — кнопка **By Layer** (По слою), а также по цвету каркаса или цвету граней — кнопка **By ACI** (По цвету граней) (AutoCAD Color Index — индексированные цвета AutoCAD).

Кнопка **Detach** (Отсоединить) позволяет отсоединить материал от объекта. После отсоединения материалом объекта становится **GLOBAL**.

Присвоение разных материалов одному объекту

Например, можно присвоить разные материалы граням куба, но это возможно только для твердотельных (solid) объектов. Используется назначение

материала **By ACI**. Предварительно командой `SOLIDEDIT` нужно присвоить граням объекта разный цвет (*см. разд. 9.4*). Далее выполните:

- укажите — возникло окно **Materials** \ кнопкой **Detach** (Отсоединить) отсоедините ранее присвоенный материал \ кнопкой **Select** (Выбор) проверьте, что материал стал **GLOBAL**;
- укажите кнопку **By ACI** \ в диалоговом окне, в левом списке, укажите присваиваемый материал, в правом — цвет грани. Укажите в середине окна кнопку **Attach** (Прикрепить) — в правом списке в строке цвета появится соответствующий ему материал;
- **OK** — покиньте окно и выполните визуализацию.

Пример присвоения разных текстурированных материалов одному объекту рассмотрен в *разд 8.6*.

Отображение материалов, освещения и фона в режиме закраски *SHADE*

Существует возможность отображения материалов в режиме закраски, что существенно упрощает подбор текстуры и ее координацию на объекте. Это могут быть однородные и текстурированные материалы. Такое отображение является предварительным и по качеству изображения уступает фотореалистичному. Чтобы реализовать указанную возможность, выполните:

- **Tools** (Сервис) \ **Options** (Настройка) \ закладка **System** (Системные) \ кнопка **Properties** (Свойства) \ в новом окне активизируйте переключатели **Render Options** (Параметры визуализации) и расположенные ниже четыре переключателя, приводящие к отображению света, фона, материалов, в том числе текстур.

После этого присвоенный материал и фон отображаются на объекте в режимах закраски. Материал сохраняется на объекте и при динамичном отображении объекта командой `3DORBIT`.

8.2. Окно визуализации

Предусмотрено три режима вывода визуализации: **Viewport** — в видовое окно рисунка (установлен по умолчанию), **Render Window** — в специальное окно визуализации и **File** — в файл без отображения на экране. До этого момента визуализация выполнялась в видовом окне рисунка. Более удобным является второй режим, который мы сейчас рассмотрим.

- Откройте диалоговое окно визуализации, указав кнопку \ найдите раскрывающийся список **Destination** (Цель) \ раскройте список и укажите режим **Render Window** \ **OK** — выполните визуализацию.

Результат

Возникло окно модуля **Render** (рис. 8.1), в котором появляется внутреннее окно с результатом последней визуализации.

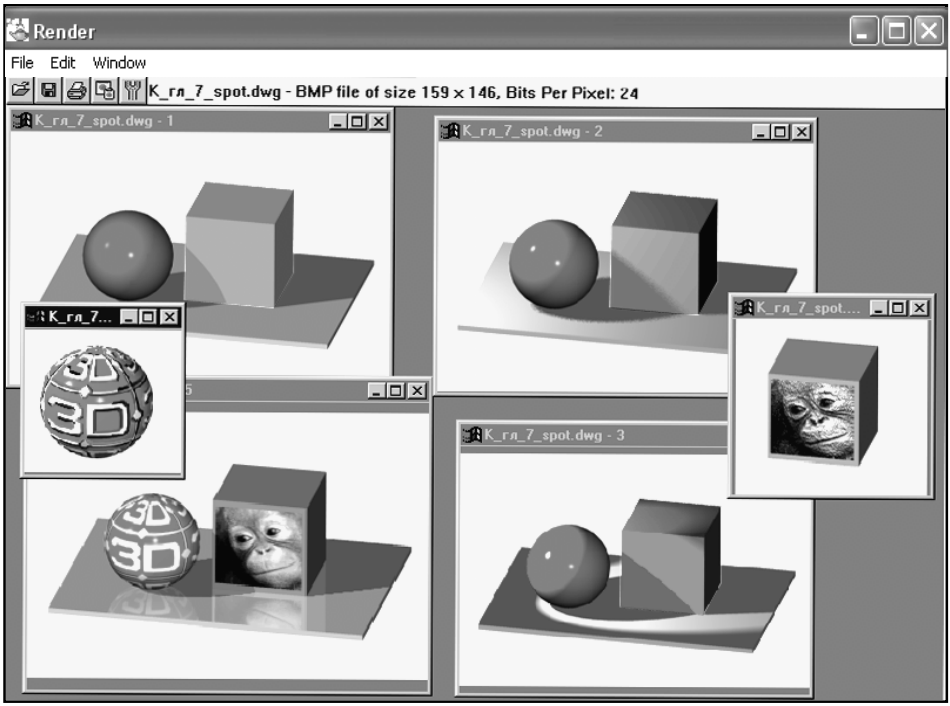


Рис. 8.1. Окно модуля **Render** с результатами визуализаций

В верхней части окна модуля **Render** находится строка собственного меню, под ним — панель инструментов и статусная строка. Основную часть окна занимает область для размещения внутренних окон с результатами визуализаций.

Необходимо выполнить или проверить следующие настройки модуля **Render**.

- В разделе меню **Window** (Окно) сбросьте режим **Reuse Window** (Перезапись окна), иначе будет создаваться единственное внутреннее окно с результатом только последней визуализации.
- Укажите **File** (Файл) \ **Options** (Параметры) или \ включите параметр **Fit in Window** (Вписать в окно), в этом случае получаемые во внутренних окнах изображения будут масштабироваться с изменением размеров ок-

на, выполняемого буксировкой рамки окна курсором. Иначе при выключенном параметре **Fit in Window**, рамка окна будет обрезать изображение.

- ❒ Пользуясь общими правилами работы с окнами в ОС Windows, задайте размеры внутреннего окна так, чтобы оно занимало четвертую или пятую часть всего окна приложения. Переместите внутреннее окно в левый верхний угол окна приложения.
- ❒ Визуализируйте другую сцену из ранее подготовленных — возникло второе внутреннее окно визуализации. Скорректируйте размер этого окна и поместите его рядом с предыдущим.

Таким образом, на экране можно держать результаты ряда визуализаций (см. рис. 8.1) для сравнения, выбора оптимального варианта и получения обобщающих композиций.

- ❒ Для возврата в графический редактор сверните окно **Render**.

Растровые изображения, занесенные в модуль **Render**, сохраняются в нем только на время сеанса работы. После закрытия пакета изображения пропадают. Для сохранения изображений их нужно записать в файл (*см. разд. 8.9*).

8.3. Параметры растрового изображения

Изображение, получаемое в результате визуализации, состоит из отдельных ячеек — *пикселов*. Каждый пиксел однороден по цвету. Сетка пикселов называется растром, а само изображение — растровым.

Количество пикселов по длине и ширине называется *размером растрового изображения*. Например, изображение размером 1024×768 состоит 1024 пикселов по длине и 768 пикселов по ширине. Количество пикселов на единицу длины называется *разрешением* или *плотностью растра*. Чем больше разрешение растрового изображения, тем тщательнее проработка деталей рисунка, но соответственно увеличиваются время, затрачиваемое на создание растровой картинки, размеры файла, в котором изображение будет сохранено, и требуемые ресурсы компьютера.

Следующий параметр растрового изображения — это *глубина цветопередачи*, характеризуемая объемом памяти, выделяемой под хранение информации о цвете одного пиксела. Если выделено 8 бит, то формируется изображение на основе $2^8 = 265$ цветовых оттенков, это изображение называют 8-битовым. Для фотореалистичности такой глубины цвета недостаточно. Необходимо 24-битовое изображение, которое может содержать свыше 16 млн цветов, что обеспечивает плавную, естественную в восприятии передачу полутонов, называемую True Color (Истинный цвет).

Параметры растрового изображения устанавливаются в зависимости от режима вывода. Если визуализация выполняется в видовое окно (режим **Viewport**), то размер растрового изображения и глубина цвета определяются

настройкой экрана. Например, экран настроен на разрешение 1024×768 пикселов, видовое окно занимает одну четвертую часть экрана по длине и высоте. Тогда размер растрового изображения по пропорции составит 256×192 пикселов. Глубина цвета в этом варианте может быть максимальной, т. е. True Color, но не более глубины цвета экрана, задаваемого настройкой ОС Windows.

При выводе в окно визуализации (режим **Render Window**) размер растрового изображения устанавливается следующей настройкой:

- укажите кнопку в панели инструментов приложения **Render** — возникло окно **Windows Render Options** (Параметры окна визуализации). Задайте значение параметра **Size in Pixels** (Размер в пикселах). Это может быть либо одно из стандартных значений, либо значение **Viewport Size** (т. е. как в визуализируемом видовом окне), либо **User**, т. е. произвольное, указанное пользователем. В том же окне настройки можно задать глубину цветопередачи.

При выводе в файл (режим **File**), указав **More Options** (Дополнительные параметры), можно задать размер и глубину цвета растрового изображения, а также формат файла.

В наших работах глубину цветопередачи следует задавать **24-Bit**. Для черновых визуализаций размер растра может быть 640×480. Для итоговых необходим размер не менее 1024×768.

8.4. Однородные материалы

Материалы могут быть *однородными* и *текстурированными*. Однородные материалы имеют свойства, равномерные по всей поверхности. О текстурированных материалах поговорим в *разд. 8.5*, *8.6*.

Параметры однородного материала

В качестве примера исследуем свойства материала RED PLASTIK, ранее загруженного в текущий рисунок из основной библиотеки материалов пакета AutoCAD.

- Укажите кнопку — возникло окно **Materials** \ в списке материалов рисунка укажите RED PLASTIK \ затем укажите **Duplicate** (Дублировать) — возникло окно **New or Modify Standard Material** (Создать или изменить стандартный материал).
- Укажите **Preview** (Просмотр) — материал показан на сферическом (sphere) образце.

В поле **Attributes** (Аттрибуты) содержатся кнопки управления параметрами материала. Рассмотрим их.

Color/Pattern

Определяет цвет освещенной части объекта, называемый *основным цветом*. Этот параметр позволяет также назначить рисунок, который будет помещен на поверхности. Для материала RED PLASTIK основной цвет красный.

Интенсивность цвета регулируется скользящей шкалой **Value** (Значение), расположенной в средней части окна:

- передвиньте движок шкалы в положение от 0.9 до 1 и визуализируйте образец кнопкой **Preview** (Предпросмотр) — интенсивность стала явно избыточной. Восстановите исходное значение **Value**, равное 0.75.

Для настройки цвета обратимся к полю **Color** (Цвет). Кнопка **By ACI** (По цвету граней) задает цвет согласно цвету каркаса объекта. В списке **Color System** (Системы цвета) предложены две системы настройки. Система **RGB** задает цвет смешением трех цветов (Red, Green, Blue), что весьма непросто. Рекомендуем перейти на систему **HLS** (Hue — цвет, Lightness — яркость, Saturation — насыщенность):

- отключите параметр **By ACI** — стали доступны настройки цветосистем;
- установите систему **HLS**. Это привело к отображению свойств красного цвета в системе **HLS**: **Hue** = 1, **Lightness** = 0.5, **Saturation** = 1;
- перемещайте движок шкалы **Hue** и наблюдайте изменение образца цвета в соответствии с известным вам спектром белого цвета (красный, оранжевый, желтый и т. д.).

Перемещение движка **Lightness** изменяет яркость от черного до белого цвета. Оптимальное положение движка от 0.5 до 0.8. Уменьшение **Saturation** переводит любой цвет в серый. Идеальному, чистому цвету соответствует **Saturation**, равный 1. Для реальных материалов **Saturation** колеблется от 0.5 до 0.8.

Помимо настройки по цветосистеме, можно задать цвет по образцу:

- щелкните по образцу цвета — возникло диалоговое окно, позволяющее задать цвет дискретно по условному номеру цвета (закладка **Index Color**), плавно по номограммам (**True Color**) и по палитрам цвета (**Color Book**).

Ambient

Цвет материала в затененной части объекта. Настройка этого параметра аналогична настройке основного цвета **Color/Pattern**. Кнопка **Lock** (Заблокировать) позволяет задать цвет **Ambient** равным цвету **Color/Pattern**.

Reflection

Цвет светового блика. Для материала RED PLASTIK он задан белым. Это видно по образцам материала и цвета. Яркость блика регулируется шкалой **Value** (Значение), цвет — в поле **Color**. Этот же параметр по кнопке **Mirror** (Отражение) позволяет задать материалу зеркальные свойства.

Roughness

Размер светового блика, регулируется шкалой **Value**.

Transparency

Прозрачность материала и объекта, которому он присвоен. Для настройки прозрачности следует задать фон (*см. разд. 8.7*), и на этом фоне регулировать прозрачность образца шкалой **Value**.

Refraction

Преломление, воспроизводит известный физический эффект. Материал должен быть прозрачным (т. е. **Transparency** > 0). Эффект проявляется только при визуализации объекта.

Bump Map

Рельефность (*см. разд. 8.6*).

Закончив исследование свойств материала, покиньте диалоговое окно. Если внесли изменения и хотите их сохранить, задайте новое имя материала в поле **Material Name** (Название материала) и укажите **OK** — материал будет сохранен и появится в списке материалов рисунка. Дальнейшее редактирование нового материала осуществляется в режиме **Modify** (Изменить) диалогового окна **Materials** (Материалы).

Плоское и кривое зеркало

Придадим материалу основания композиции — столу — зеркальные свойства. Для этого создадим новый материал на основе библиотечного материала BEIGE MATTE.

- откройте диалоговое окно **Materials** указав кнопку \ в списке материалов рисунка укажите BEIGE MATTE, затем укажите **Duplicate** (Дублировать) — возникло окно **New Standard Material** (Новый стандартный материал);
- задайте имя новому материалу, например — СТОЛ;

- укажите параметр **Reflection**. В поле **Color** укажите переключатель **Mirror**. Шкалой **Value** установите степень зеркальности равную 0.3 (при зеркальности 1 получается идеальное зеркало) \ **OK**;
- присвойте новый материал основанию композиции (столу).

Ранее мы рассмотрели два режима визуализации: **Render** и **Photo Real**. Для передачи зеркальных свойств (а также свойств прозрачности и рельефности) необходимо перейти на третий режим визуализации **Photo Raytrace**:

- откройте окно визуализации указав кнопку . Задайте тип визуализации **Photo Raytrace** \ **OK** — визуализация окна аксонометрии должна передать зеркальные свойства материала основания.

Зеркальные свойства **Reflection** можно присвоить не только плоской, но и кривой поверхности. Например, добавьте зеркальность **Mirror** материалу сферы — при визуализации увидите отражение окружающих объектов поверхностью сферы. Дополнительно, только для кривых поверхностей, можно добавить карту отражения. Для этого в поле **File Name** нужно ввести имя файла — на поверхности будет воспроизведено условное отражение в виде растрового изображения из указанного файла. Можно смешивать реальное отражение и условное.

Если задан фон, то он отражается в зеркальном материале. Настройкой фона (*см. разд. 8.7*) можно имитировать отражение небесной сферы, на внутреннюю поверхность которой нанесено растровое изображение из внешнего файла.

8.5. Создание текстурированного материала

Текстурированый материал придает поверхности рисунок, рельефность, переменную степень прозрачности и т. д. Эти качества формируются на основе растровых изображений. Материал может содержать несколько растровых изображений, каждое из которых обеспечивает одно из указанных свойств или группу свойств. Растровые изображения загружаются в материал из внешних растровых файлов. Растровые изображения на поверхности объекта можно корректировать: масштабировать, поворачивать, размещать "плиткой" или одиночно и др. Изображение, создающее рисунок поверхности, можно смешивать с основным цветом. Также можно регулировать степень этого смешения, степень рельефности или прозрачности. Кроме того, текстурированный материал обладает всеми свойствами однородных материалов, т. е. может иметь основной цвет, световой блик, быть прозрачным и зеркальным.

Библиотека материалов Render пакета AutoCAD включает около 90 текстурированных материалов.

Рассмотрим свойства текстурированных материалов на примере создания нового материала, воспроизводящего кирпичную кладку стен (см. рис. 8.2). Для ускоренной оценки материала и параметров присвоения текстуры:

- включите настройку, позволяющую отобразить текстурированный материал в режиме закраски (*см. разд. 8.1*), и установите в видовом окне режим тонирования **Gouraud**.

Загрузка текстуры в материал

Растровые изображения или текстуры, входящие в состав материала, можно загрузить из различных источников. Это могут быть и собственные текстуры AutoCAD, помещенные при инсталляции пакета в директорию Textures. Текстуру можно позаимствовать и из других пакетов, например, из 3D Studio MAX. Владея одним из пакетов растровой графики (Adobe Photoshop, Corel Photo Paint), текстуру можно создать самому.

Применим одну из текстур AutoCAD, содержащуюся в файле brnbricb.tga, в качестве рисунка поверхности:

- укажите — окно **Materials** \ укажите кнопку **New** — возникло окно создания нового материала **New Standard Material**;
- в поле **Material Name** введите имя нового материала, например, WHITE_BRICK или КИРПИЧ БЕЛЫЙ;
- убедитесь, что активен параметр **Color/Pattern** — в этом случае текстура прикладывается в качестве рисунка поверхности;
- в нижней части окна в поле **File Name** нужно ввести имя файла текстуры. Для этого следует очистить поле от имени предыдущего файла (если оно было введено) и указать кнопку **Find File** (Поиск файла) — откроется директория текстур AutoCAD. Найдите и укажите файл brnbricb.tga. Откройте его — в поле **File Name** отразилось полное имя файла текстуры;
- **Preview** (Предпросмотр) — рассмотрите текстуру на кубическом образце, это фрагмент кирпичной кладки;
- убедитесь, что параметр **Bitmab Blend** (Доля текстуры) равен 1, в этом случае изображение полностью определяется прилагаемой текстурой и не зависит от основного цвета.

Если файл текстуры взят не из директории текстур AutoCAD, то при переходе на другой компьютер связь с текстурой будет потеряна. При визуализации в текстовом окне возникнет сообщение "Cannot find texture map file" (Не найден файл текстуры) и материал будет приложен без текстуры. Чтобы избежать этого, файлы оригинальных текстур следует помещать в одну директорию с DWG-файлом и переносить их совместно.

Корректировка текстуры в свойствах материала

Условия размещения растрового изображения на поверхности объекта задаются в свойствах материала и объекта. Изменения, вносимые в свойства материала, отражаются на всех объектах, которым материал присвоен. Изменения в свойствах объекта отражаются только на конкретном объекте.

Рассмотрим свойства материала, определяющие размещение текстуры. Если материал содержит несколько текстур, относящихся к различным параметрам материала (текстуру рисунка, текстуру рельефности и др.), нужно настроить каждую из них. Для этого в окне **New Standard Material** или **Modify Standard Material** настройки или корректировки свойств материала следует указать параметр, к которому относится текстура, и указать кнопку **Adjust Bitmap** (Настройка рисунка). Пусть необходимо настроить размещение текстуры, формирующей рисунок поверхности:

- укажите кнопку \ в окне **Materials** укажите кнопку **New** (Создать) или **Modify** (Редактировать) \ в окне **New Standard Material** (или **Modify Standard Material**) активизируйте параметр **Color/Pattern** и убедитесь, что в поле **File Name** указан файл растрового изображения;
- укажите кнопку **Adjust Bitmap** — возникло диалоговое окно **Adjust Material Bitmap Placement** (Корректировка размещения рисунка в материале) — стали доступны параметры размещения рисунка, задаваемые в свойствах материала.

Основной параметр размещения рисунка — это **Tiling** (Черепица), который имеет два альтернативных режима **Tile** (Плитка) и **Crop** (Подрезанный). В режиме **Tile** рисунок раскладывается по поверхности как плитка по стене. Режим **Crop** создаст одиночный рисунок, вокруг которого будет основной цвет.

В режиме **Tile** действует уточняющий параметр **Map Style** (Стиль раскладки), который также имеет два режима — либо **Fixed Scale** (Фиксированный масштаб), либо **Fit to Object** (Растянуть по объекту). Рассмотрим каждый из них.

Фиксированный масштаб размещения текстуры

При раскладке плиткой в режиме **Fixed Scale** размер исходного рисунка принимается равным единице пространства модели. Рисунок масштабируется по длине и ширине в соответствии со значениями масштабов, задаваемых в полях **Scale U** и **Scale V** — соответственно длина и ширина, и в таком виде раскладывается по поверхности.

Рассмотрим пример задания масштаба размещения текстуры в режиме **Fixed Scale** для материала кирпичной кладки. Растровое изображение кладки из

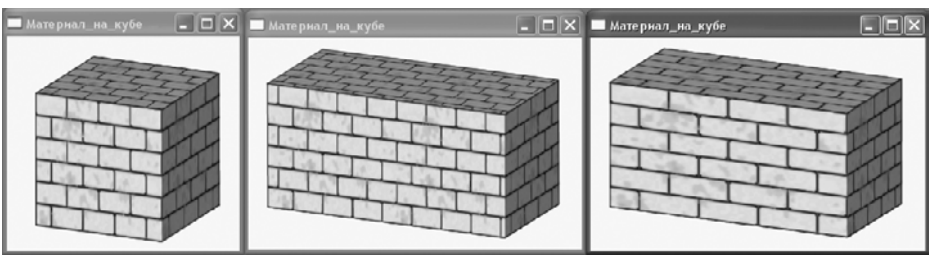
файла brnbricb.tga содержит шесть рядов по четыре кирпича в ряд, что соответствует одному метру кладки по длине и высоте. Поэтому, если единицей измерения модели здания является мм, то значения масштабов **Scale U** и **Scale V** следует установить равными 1000 — таков, приблизительно, размер указанной кладки в мм. Если модель построена в сантиметрах, то масштабы должны быть равными 100.

На рис. 8.2 показана визуализация куба и параллелепипеда, высота которых равна 100 единиц пространства модели. Длина параллелепипеда вдвое превышает длину куба. К объектам на рис. 8. 2, *а*, *б* приложен материал с фиксированным масштабом текстуры (режимы **Tile**, **Fixed Scale**, значения **Scale U** = **Scale V** = 100). Видим, что удвоение длины привело к удвоению количества кирпичей в ряду при сохранении размеров кирпича.

Растяжение текстуры по граням

При раскладке плиткой в режиме **Fit to Object** рисунок масштабируется пропорционально размерам поверхности. В этом случае масштабы **Scale U** и **Scale V** задают количество плиток по длине и ширине поверхности. Если материал кирпичной кладки в рассматриваемом режиме приложить к стенам здания, то количество рядов кладки и кирпичей в ряду будет одинаковым на всех стенах, но размеры и пропорции кирпича будут различны. На больших стенах кладка будет крупная и наоборот.

На рис. 8.2, *в* приведена визуализация материала, для которого задан режим растяжения текстуры по размеру грани (режимы **Tile**, **Fit to Object**, значения **Scale U** = **Scale V** = 1). Удвоение длины параллелепипеда в сравнении с кубом привело к удвоению длины кирпича. Количество кирпичей в ряду осталось равным исходному значению.



а) *б)* *в)*

Рис. 8.2. Визуализация материала кладки на кубе (*а*) и параллелепипеде с фиксированным масштабом приложения (*б*) и с растяжением по грани (*в*)

- Добавьте в композицию параллелепипед и воспроизведите примеры согласно рис. 8.2.

Другие параметры размещения текстуры

В поле **Object Size** (Размер обекта) окна **Adjust Material Bitmap Placement** можно посмотреть текстуру на образце. Диаграмма в левой части окна показывает положение и пропорции одной плитки (т. е. всего исходного рисунка). Например, если заданы режимы **Tile**, **Fit to Object** и значения **Scale U** = = **Scale V** = 2, по диаграмме видно, что рисунок займет одну четвертую часть поверхности. Задав кубический образец и указав **Preview** (Предпросмотр), увидим, что текстура раскладывается непрерывно, образуя два ряда по два рисунка в ряду.

Для режимов **Tile** и **Fixed Scale** следует задать размер образца с учетом масштабирования текстуры. Если **Scale U** и **Scale V** равны 100 и размер образца равен 200, то результат визуализации и диаграмма будут такими же, как и в предыдущем примере. Если задать размер образца меньше, чем значение одного из масштабов, то уже на образце увидим, что текстура не разместится на поверхности модели.

Параметр **Offset** (Смещение) определит положение исходного рисунка, от которого начнется последующая раскладка. Значение **Offset** задается численно или визуально нижним и правым движками диаграммы. В зависимости от параметров **Tiling** (Черепица) и **Map Style** (Стиль раскладки) смещение определяется либо в размерах объекта, либо в долях рисунка.

При задании одиночного рисунка (режим **Crop**) его размеры определяются в соответствии с параметром **Fit to Object**, т. е. в пропорции от размеров поверхности.

Остался нерассмотренным параметр **Use Auto Axis** (Использовать Авто Ось). Если этот параметр включен (по умолчанию), текстура присваивается всем граням (см. рис. 8.2). Иначе присвоение выполняется для одной активной грани, за которую принимается грань, параллельная плоскости *XOY* МСК. Активная грань может быть переопределена при координации текстуры по объекту (рис. 8.4).

- ❒ Отключите параметр **Use Auto Axis** и визуализируйте куб — материал приложен только к верхней и нижней граням куба.

Для многогранников со сложным расположением граней действие параметра **Use Auto Axis** предсказать сложно. Для них можно рекомендовать присвоение объекту различных материалов по цвету грани (*см. разд. 8.1*) с индивидуальной координацией каждого материала по своей грани.

Согласование текстур

Одно и то же растровое изображение в текстурированном материале может быть применено для различных целей. Например, часто в материале одно изображение назначается и как рисунок в параметре **Color/Pattern**, и как текстура рельефа в параметре **Bump Map**, и как текстура прозрачности в па-

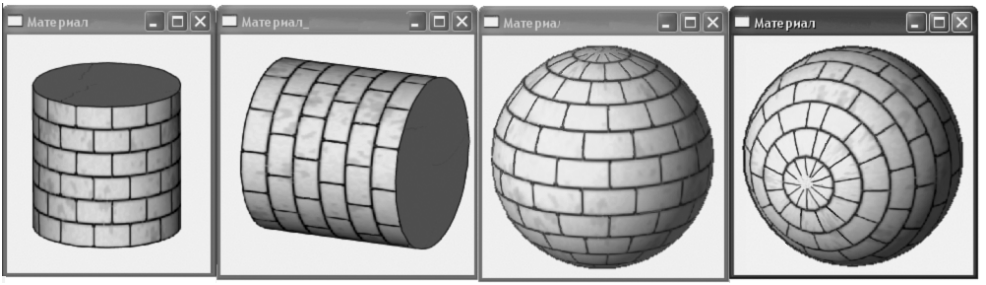
раметре **Transparency**. Примеры таких материалов приведены в *разд. 8.6*. В этом случае настройки текстуры должны быть едиными для всех параметров, использующих текстуру.

Координация объекта. Проецирование текстуры

Координация объекта позволяет, не изменяя свойств материала, корректировать приложение текстур к каждому объекту индивидуально. Задавая разный алгоритм проецирования текстуры, можно учесть особенности формы поверхности объекта (плоскость или криволинейная поверхность). Регулируя координацию, можно прикладывать один и тот же материал к разным объектам и задавать при этом разный масштаб текстур материала (одновременно всех), угол их поворота и смещение.

Параметры координации текстур на объекте задаются как свойства этого объекта (подобно цвету, слою).

Размещение растрового изображения на поверхности реализуется на основе алгоритмов *проецирования*. Проецирование изображения может осуществляться пучком параллельных лучей — этот режим применяется главным образом для отображения на плоскость. Для цилиндрических поверхностей реализуется цилиндрическое проецирование, при котором лучи перпендикулярны поверхности некоторого условного цилиндра. Как правило, ось проецирующего цилиндра совмещается с осью цилиндрической поверхности, и рисунок равномерно "обертывется" по поверхности (рис. 8.3, *а*, *б*). Третий вариант — сферическое проецирование, при котором лучи исходят из некоторого центра, совмещаемого, как правило, с центром сферы, к которой прикладывается материал (рис. 8.3, *в*, *г*).



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 8.3. Размещение текстуры на цилиндре и сфере

Возможны интересные варианты проецирования, например, цилиндрическое проецирование со смещением оси проецирования относительно оси поверхности, цилиндрическое или сферическое проецирование на плоскость и т. д.

Координация материала на объекте выполняется в следующей последовательности.

- Укажите кнопку панели инструментов **Render** или в падающем меню **View \ Render \ Mapping** (Координация);
- укажите объекты, подлежащие координации \ ПЩ — возникло диалоговое окно **Mapping**.

В диалоговом окне **Mapping** в поле **Projection** (Проецирование) можно задать один из рассмотренных выше режимов проецирования — это режимы **Planar** (Плоский), **Cylindrical** (Цилиндрический) и **Spherical** (Сферический). Четвертый режим **Solid** предназначен для координации особой группы параметрических материалов (*см. разд. 8.6*). Выбор одного из режимов вызывает на экран дополнительное окно настройки этого режима. Например, рассмотрим уточнение режима *плоской* координации.

- В окне **Mapping** убедитесь, что включен режим координации **Planar** (Плоский).
- Укажите клавишу **Adjust Coordinates** (Изменение координации) — возникло новое диалоговое окно **Adjust Planar Coordinates** (Настройка плоской координации).

В окне **Adjust Planar Coordinates** в поле **Parallel Plane** (Параллельно плоскости) находятся переключатели, определяющие активную грань (или грани), на которой будет размещен материал, если параметр **Use Auto Axis** в свойствах материала отключен. По умолчанию активен переключатель **WCS XY**, задающий в качестве активной горизонтальную грань. Ниже расположены переключатели, позволяющие задать в качестве активной другую плоскость, параллельную одной из координатных плоскостей **WCS** (Мировой системы координат), или переключатель **Picked Plane** (Выбрать плоскость) — произвольную грань по трем ее точкам.

В этом же окне дано средство **Offsets and Rotations** (Смещение и поворот) для поворота и смещения текстуры на объекте.

- Укажите кнопку **Adjust Bitmap** — возникло окно **Adjust Object Bitmap Placement** корректировки параметров растрового изображения. Здесь можно корректировать режим размещения текстуры применительно к конкретному объекту.

Направление проецирования не привязано к объекту. Например, поворот объекта не вызывает соответствующего поворота текстуры на его поверхности. Поэтому требуется повторная координация.

Для равномерного размещения рисунка на вертикальном цилиндре (см. рис. 8.3, *а*) следует в окне **Mapping** задать проецирование **Cylindrical**, затем указать **Adjust Coordinates** — возникло окно **Adjust Cylindrical Coordinates** (Настройка цилиндрической координации), указать **WCS Z Axis** (обычно эта кнопка включена по умолчанию) — это совместит ось цилиндрического проектора с вертикальной осью цилиндра, указать **Adjust Bitmap** — возникло диалоговое окно **Adjust Object Bitmap Placement**. В последнем окне следует задать окружной масштаб **Scale U** равным 3.14 (это задаст ровно один оборот рисунка вокруг цилиндричекого объекта), а осевой масштаб **Scale V** равным 1 (это растянет рисунок по длине образующей).

Для цилиндра с горизонтальной осью (см. рис. 8.3, *б*), параллельной оси *X* МСК, следует в окне **Adjust Cylindrical Coordinates** указать кнопку **WCS X Axis**. В этом же окне кнопки **Picked Axis** (Укажи ось) и **Pick Point** (Укажи точки) позволяют задать произвольное направление оси цилиндрического проектора.

Подобным же образом настраивается сферическое проецирование текстуры (см. рис. 8.3, *в*, *г*).

❒ Создайте цилиндр и сферу и реализуйте примеры, приведенные на рис. 8.3.

Для восстановления исходной координации объекта введите в командной строке `c:setuv "D" (ssget)` и укажите объект.

8.6. Примеры текстурированных материалов

На рис. 8.4, 8.5 приведена серия текстурированных материалов, показывающая многообразные возможности фотореалистичной визуализации программы AutoCAD. В основе рассмотренных материалов лежит текстура AutoCAD из файла ape.tga, содержащего изображение симпатичной обезьянки. Текстура приложена к граням куба либо по одному из назначений (как рисунок поверхности, карта рельефности или прозрачности), либо оказывает суммарное воздействие, например, одновременно как карта рисунка и рельефности. Показано действие различных вариантов координации текстуры, позволяющих размещать текстуру как плитку или одиночную картинку, на всех гранях или только одной из них и т. д.

Следует воспроизвести приведенные материалы и представить отчет в виде обобщающего растрового изображения окна **Render**.

Настройки

В новом файле создайте куб (как solid-объект) со стороной 100; на листе откройте видовое окно, в котором отобразите куб в аксонометрии; подготовьте источник света; загрузите из библиотеки материал APE. Можно про-

должить работу над композицией (см. рис. 7.1), где уже создан куб, источники света и загружен материал. В последнем случае:

- скопируйте окно аксонометрии на свободное место листа;
- перенесите куб на новый слой, избирательно заморозив в новом видовом окне слои с другими объектами, отобразите куб на все окно.

Дополнительно выполните следующие настройки:

- при первой визуализации или в настройках (указав) задайте тип визуализации **Photo Raytrace**;
- задайте режим вывода **Render Window**, позволяющий получить композицию растровых изображений; настройте параметры окна вывода: сбросьте **Reuse Window** (Перезапись окна), включите **Fit in Window** (Растяжение по окну), установите глубину цветопередачи **24-Bit** (*см. разд. 8.2, 8.3*).

Рассмотрим примеры материалов и особенности их приложения к объекту.

Исследование свойств текстурированных материалов

На примере материала APE (рис. 8.4, пример 1) покажем, как исследовать свойства библиотечных материалов, связанные с приложением текстуры, с тем, чтобы научиться создавать свои материалы и уметь адаптировать материал к различным объектам и задачам.

- Присвойте кубу библиотечный материал APE. Выполните визуализацию.

Результат

Растровое изображение приложено ко всем граням куба в виде единичного рисунка, заполняющего всю грань.

Посмотрим настройки материала APE:

- укажите кнопку — возникло окно **Materials** \ укажите в списке ранее выбранных материал **APE** \ кнопка **Modify** — возникло окно **Modify Standard Material**;
- при активном параметре **Color/Pattern** введите в поле **File Name** имя файла текстуры ape.tga;
- обратите внимание, что параметр **Bitmap Blend** равен 1, т. е. изображение на поверхности полностью определяется текстурой, а основной цвет игнорируется;

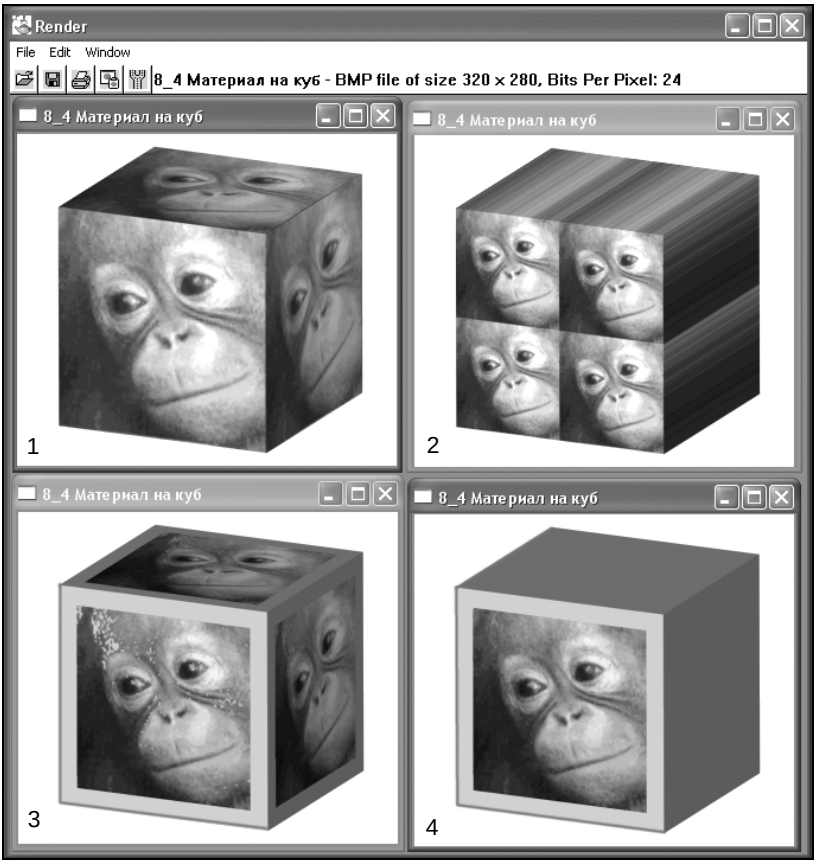


Рис. 8.4. Текстурированные материалы на кубическом образце (начало):
1 — библиотечный материал APE;
2 — размещение рисунка плиткой на одной грани;
3 — рисунок на фоне основного цвета граней;
4 — рисунок на передней грани куба

- посмотрите настройки остальных параметров — размер и интенсивность светового блика, отсутствие зеркальности и прозрачности;
- укажите кнопку **Adjust Bitmap** — возникло диалоговое окно **Adjust Material Bitmap Placement** (Корректировка размещения картинки);
- найдите следующие значения параметров размещения текстуры: активны режимы **Tile** (Плитка), **Fit to Object** (Растяжение по объекту), **Use Auto Axis** (Размещать на всех гранях), **Scale U** = **Scale V** = 1 (одна картинка по каждому из направлений), **Offset** = 0 (без смещения) (*см. разд. 8.5*).

Размещение рисунка плиткой на одной грани

Рассмотрим, как создать материал, показанный как пример 2 на рис. 8.4. Растровое изображение разложено в виде плитки на передней грани куба. На гранях, примыкающих к передней, материал не имеет значения, на них оставлены полосы проецирования.

Приведем два варианта реализации этого примера. Оба требуют в свойствах материала отключить параметр **Use Auto Axis** и при координации объекта задать переднюю грань в качестве активной. Отличие вариантов в том, что в первом из них раскладка плитки задается координацией объекта, во втором — свойствами материала.

Вариант 1

Создайте дубликат материала APE:

- укажите — возникло окно **Materials** \ укажите в списке материал **APE** \ укажите **Duplicate** (Дублировать) — возникло окно **New Standard Material** \ присвойте новому материалу имя, например, APE_2a.

Координируем текстуру в свойствах материала:

- укажите кнопку **Adjust Bitmap** — возникло диалоговое окно **Adjust Material Bitmap Placement** \ отключите режим **Use Auto Axis** \ **OK** \ **OK** — окно **Materials** \ **Attach** (Прикрепить) — присвойте новый материал кубу \ **OK**.

Координируем материал на объекте:

- укажите \ укажите куб \ ПЩ — возникло окно **Mapping**;
- убедитесь, что включен режим проецирования **Planar** \ укажите **Adjust Coordinates** — возникло окно **Adjust Planar Coordinates** \ укажите **WCS XZ** \ укажите **Adjust Bitmap** — возникло окно **Adjust Object Bitmap Placement** \ задайте **Offset U** = **Offset V** = −0.25 и **Scale U** = **Scale V** = 2;
- выполните визуализацию.

Вариант 2

Создайте еще один дубликат материала APE с именем APE_2b.

Координируем текстуру в свойствах нового материала:

- в окне **Materials** укажите **Adjust Bitmap** \ в окно **Adjust Material Bitmap Placement** отключите **Use Auto Axis** и задайте **Offset U** = **Offset V** = −0.25 и **Scale U** = **Scale V** = 2;
- сохраните материал и присвойте его кубу.

Заново координируем материал на объекте:

- сбросьте предыдущую координацию объекта (куба). Для этого введите в командной строке `c:setuv "D" (ssget)` и укажите объект;
- укажите \ укажите объект \ в окне **Mapping** переопределите активную грань на **WCS XZ**.

Рисунок на фоне основного цвета граней

Особенность материала (см. рис. 8.4, пример 3) в том, что размер рисунка меньше размера граней — рисунок размещен по центру граней, а по краям рисунка виден основной цвет материала.

- Создайте дубликат материала APE с именем APE_3. В свойствах нового материала задайте основной цвет **Color/Pattern**, контрастный с цветом картинки (голубой, розовый). В настройке текстуры (**Adjust Bitmap**) задайте режимы **Crop**, **Tile**, **Use Auto Axis**, **Scale U** = **Scale V** = 1.2.
- Координация материала на объекте пусть будет по умолчанию. Присвойте материал APE_3 кубу и визуализируйте окно.

Роль левого верхнего пиксела

Рассмотрите на экране фотореалистичную визуализацию материала APE_3. На рисунке, особенно в левом верхнем углу передней грани, видны пятна основного цвета. Это проявляется особенность режима **Crop**: те пикселы растра, цвет которых совпадает с цветом левого верхнего пиксела этого растра, визуализируются прозрачными. Через прозрачные пикселы виден основной цвет.

Назначение эффекта состоит в том, чтобы не визуализировать фон рисунка. Например, подставьте в материал файл текстуры 8peop17l.tga — это растровый файл AutoCAD из директории Textures, содержащий фигуру человека на белом фоне. Поскольку цвет левого верхнего пиксела и фона этого рисунка совпадают, то белый фон не отображается и фигура показана как вырезанная по контуру (см. пример 8 на рис. 8.5, правая грань образца).

В рисунке файла ape.tga рассматриваемый эффект является нежелательным. Поскольку цвет левого верхнего пиксела неоднократно повторяется в изображении обезьянки, то возникает много прозрачных участков, через которые виден цвет основного материала. Чтобы исключить этот эффект, нужно загрузить файл текстуры в редактор растровых изображений (например, в Adobe Photoshop) и сделать дубликат файла. В новом файле придать левому верхнему пикселу цвет, которого нет в основной части растра, например — зеленый. Последующие примеры на рис. 8.4, 8.5, где текстура применялась

как одиночный рисунок грани (режим **Crop**), выполнены с указанной корректировкой. Был создан дубликат файла ape.tga с именем ape_1.tga, в котором левому верхнему пикселу присвоен зеленый цвет.

Рисунок на передней грани куба

Особенность материала (см. рис. 8.4, пример 4) в том, что рисунок размещен только на передней грани, остальные грани имеют основной цвет материала.

- Взяв за основу материал APE_3, отключите для него режим **Use Auto Axis** и сохраните его как APE_4.
- Задайте новую координацию (сбросив предыдущую), в которой активной является грань **WCS XZ**, как в примере 2.

Рисунок на передней грани с поворотом и сжатием

Текстуру можно деформировать, задавая различные масштабы по осям, и поворачивать (см. рис. 8.5, пример 5). Деформирование можно назначить как в свойствах материала, так и в свойствах координации объекта. Поворот — только при координации объекта.

- В материале APE_4 установите масштабы **Scale U** = 2, **Scale U** = 1.3 — это будет материал APE_5.
- Сбросьте предыдущую координацию; задайте координацию, в которой активной является грань **WCS XZ**, в том же окне настройки задайте угол поворота **Rotations** = 40.

Материал с рельефностью и рисунком передней грани

Рельефность обеспечивается особым режимом наложения текстуры, при котором светлые участки изображения воспроизводятся выпуклыми, а темные — углубленными. Текстура рельефности и рисунка может быть единой (см. рис. 8.5, пример 6) или различной. При единой текстуре параметры, задающие геометрию размещения, должны быть равными.

- Укажите \ укажите материал APE_4 \ укажите кнопку **Duplicate** (Дублировать) — возникло окно **New Standard Material**.
- Задайте имя APE_6 \ при активном параметре **Color\Pattern** из поля **File Name** скопируйте в буфер полное имя файла ape.tga (включая директории).

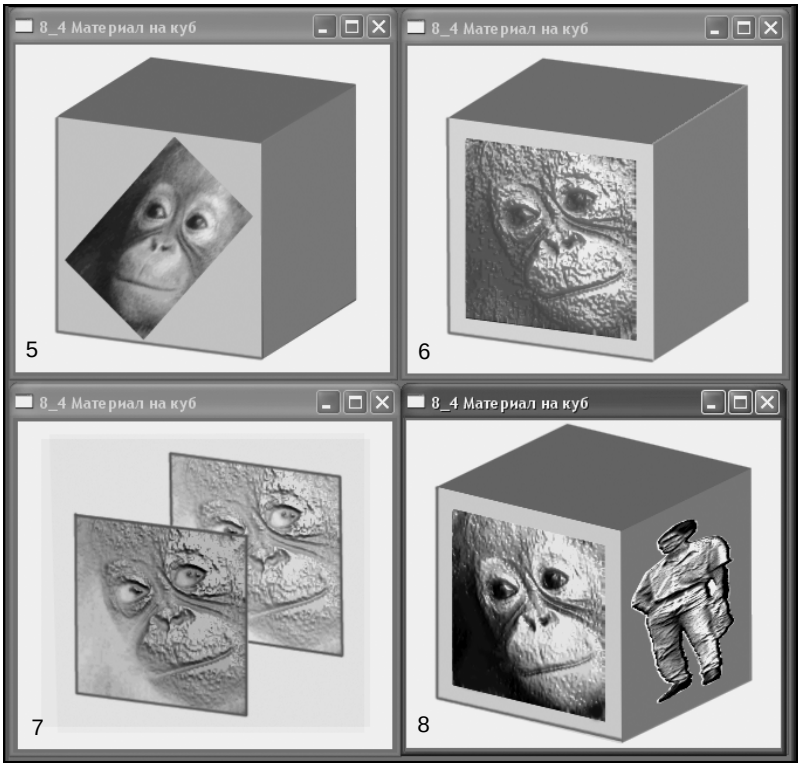


Рис. 8.5. Текстурированные материалы на кубическом образце (продолжение):
5 — рисунок на передней грани с поворотом и сжатием;
6 — материал с рельефностью и рисунком передней грани;
7 — неоднородная прозрачность материала;
8 — различная текстура на гранях

- Активизируйте параметр **Bump Map**, определяющий рельефность, и вставьте имя растрового файла из буфера в поле **File Name**.
- Установите степень рельефности по шкале **Bitmap Blend** на уровне 0.3...0.4.
- Укажите **Adjust Bitmap** \ задайте параметры размещения карты рельефности теми же, что для карты рисунка, иначе произойдет смещение карты рельефности и рисунка.
- Установите координацию материала на объекте ту же, что и в примере 4. Визуализируйте сцену.

Обратите внимание на заметную зернистость рельефа в примерах 6 и 7. Она объясняется малым растровым размером картинки ape.tga. Далее сказано, как сделать рельефность плавной.

Неоднородная прозрачность материала

Прозрачность также может быть неоднородной и определяться рисунком: чем светлее участок рисунка, тем выше прозрачность объекта, к которому материал приложен. Это видно из примера 7 (см. рис. 8.5), где материалу придана максимальная прозрачность по всем направлениям, кроме передней грани. В направлении последней прозрачность установлена переменной в соответствии с рисунком текстуры. Такая настройка привела к тому, что видны только передняя и задняя грани с полупрозрачным рисунком. Для некоторого усиления рисунка добавлена небольшая рельефность в направлении фронтальной грани, причем текстуры прозрачности и рельефности имеют единые параметры размещения.

- Сделайте дубликат материала APE_6, новому материалу дайте имя APE_7.
- В настройке свойств материала активизируйте параметр **Transparency** (Прозрачность). Параметром **Value** (Значение) установите степень прозрачности равной 1.

Присвойте прозрачности ту же карту, что и для рельефности. Для этого:

- перейдите к параметру рельефности, степень рельефности сделайте меньше, примерно до 0.2...0.3. Скопируйте из поля **File Name** в буфер полное имя файла;
- вернитесь к параметру прозрачности и вставьте в поле **File Name** из буфера имя файла;
- установите степень переменной прозрачности по шкале **Bitmap Blend** на уровне 1;
- назначьте новый материал кубу и визуализируйте.

Для прозрачного материала существенное влияние оказывает параметр преломления **Refraction**. В рассмотренном примере его значение равно 1 (значение по умолчанию). Небольшие, в пределах 0.9...1.1 изменения параметра преломления приводят к заметному перемещению изображения на задней грани образца.

С уменьшением общей прозрачности материала появляется изображение остальных граней куба в соответствии с основным цветом материала.

Различная текстура на гранях

Достигается присвоением различных материалов в зависимости от цвета граней объекта (*см. разд. 8.1*). Так, на образце (см. рис. 8.5, пример 8), имеющем исходный цвет всех граней 7 (White), цвет передней грани был изменен на красный 1 (Red), а правой грани — на желтый 2 (Yellow). Затем цвету White был назначен однородный материал (например, материалы BLUE MATTE и BEIGE MATTE). Цвету Red присвоен материал из примера 4 (см.

рис. 8.4), цвету Yellow — материал, подобный материалу примера 4, но с текстурой рисунка, взятой из файла 8peop17l.tga.

Присвоение материала по цвету граней в ряде случаев позволяет преодолеть трудности, возникающие при координации текстуры. Бывает проще присвоить несколько материалов одному объекту по цвету его граней, чем настроить для этого объекта координацию текстуры при одном материале.

Материалы для композиции

На рис. 8.6 показаны варианты присвоения материалов объектам композиции, содержащей сферу, куб и основание.

Материал основания

Создан на основе библиотечного BEIGE MATTE с добавлением зеркальности (*см. разд. 8.3*).

Материал куба

Текстурированный материал, в котором файл с текстурой ape.tga формирует рельефность передней грани. За основу взят материал из примера 6 (см. рис. 8.5). Можно взять за основу материал APE BUMP из библиотеки. Необходима координация куба, задающая переднюю грань в качестве активной.

Ввиду малого размера растра текстуры ape.tga, равного 101×93, непосредственное приложение текстуры приводит к грубой зернистости рельефа (см. рис. 8.5). Для плавности рельефа файл ape.tga был загружен в Adobe Photoshop, где растровый размер картинки был увеличен до 800×731, затем с помощью фильтра изображение было размыто. Степень рельефности по шкале **Bitmap Blend** задана от 0.6 до 0.7. На рис. 8.6, *а* материалу куба добавлена прозрачность (Transparency) с уровнем 0.6...0.95.

Материал сферы

- Создайте новый материал с текстурой рисунка 3ds.tga или сделайте дубликат одного из библиотечных материалов 3D CEL TEXMAP или BLUE/GRN 3DS.
- Укажите параметр **Reflection** (Цвет блика) и в поле **Color** задайте белый цвет. По шкале **Value** установите интенсивность блика равной от 0.8 до 1.
- Укажите **Roughness** (Размер блика) и задайте его размер **Value** равным 0.3...0.5.
- Корректируем текстуру рисунка: **Adjust Bitmap** \ задайте масштабы **Scale U** и **Scale V** равными 4 \ **OK**.

а)

б)

Рис. 8.6. Визуализация композиции с присвоением текстурированных материалов, объектами ландшафта и туманом

- Перейдите к параметру **Bump** (Рельефность), придайте ему ту же текстуру 3ds.tga, задайте уровень рельефности равным 0.3...0.5, задайте параметры текстуры рельефности теми же, что и текстуры рисунка.

- Присвойте новый материал сфере (укажите **Attach**).
- Выполните координацию объекта (сферы), задав режим проецирования **Spherical**.

Результат визуализации покажет на поверхности сферы рельеф с резкими краями. Для получения плавного рельефа нужно сделать копию текстуры 3ds.tga и размыть ее в Adobe Photoshop. Подставив размытую текстуру в качестве карты рельефности при прежней карте рисунка, получим сферу с четкими линиями рисунка и плавным выпуклым рельефом (см. рис. 8.6).

На рис. 8.6, *а* материалу сферы добавлена однородная прозрачность. На рис. 8.6, *б* материал непрозрачен.

Параметрические материалы

Предусмотрено три материала, в которых текстура создается программно, а не загружается из внешнего файла.

- Укажите кнопку \ найдите раскрывающийся список, в котором задан тип материала **Standard**. Это рассмотренный выше тип материала с загружаемой извне текстурой \ раскройте список — предложены три других типа материала: **Granite** (Гранит), **Marble** (Мрамор) и **Wood** (Дерево).
- Выберите в качестве примера **Granite** и укажите кнопку **New** — возникло диалоговое окно задания материала, воспроизводящего гранит.

Для каждого из материалов рассматриваемого типа поле **Attributes** (Аттрибуты) содержит параметры, позволяющие моделировать текстуру материала. Так, для **Granite** предусмотрены четыре параметра для передачи цвета текстуры и параметр **Scale** для моделирования размера зерна. Остальные параметры: интенсивность и размер светового блика, рельефность — те же, что для материалов типа **Standard**.

8.7. Фон и ландшафт

Фон создает реалистичность изображения либо просто заполняет свободную часть изображения, придавая ему завершенность.

Задание фона

- Укажите кнопку панели инструментов **Render** или **View** \ **Render** \ **Background** — возникло окно задания фона.

Фон может быть однородным — режим **Solid** (Сплошной) или градиентным **Gradient** (Градиент). В качестве фона может быть задано растровое изобра-

жение из внешнего файла — режимы **Image** (Рисунок) и **Merge** (Объединить).

- Задайте режим **Gradient**. В этом режиме фон состоит из трех зон: **Top** (Верхняя), **Middle** (Средняя), **Bottom** (Нижняя). В поле **Colors** задайте цвет каждой зоны. Посмотрите результат в окне предварительного просмотра **Preview**.
- Найдите шкалы **Horizon** (Горизонт), **Height** (Высота) и **Rotation** (Поворот), позволяющие корректировать размер и положение каждой зоны градиентного фона. Проверьте их действие.

Для того чтобы в качестве фона взять рисунок (фотографию) из внешнего файла, примените режим **Image**:

- укажите **Image**. В поле **Image** укажите кнопку **Find File** и задайте файл, например: valley_l.tga или sky.tga из прилагаемого к пакету набора растровых файлов. Посмотрите результат в окне **Preview**. Можно задать фон из внешних источников;
- выбрав фон, визуализируйте одну из сцен композиции.

Режим **Merge** позволяет использовать в качестве фона изображение, предварительно загруженное в видовое окно командой REPLAY. Этот режим действует только при выводе в видовое окно (режим вывода **Viewport**).

Поле **Environment** (Окружающая среда) позволяет задать отражение для зеркальной *криволинейной* поверхности. При включенной кнопке **Background** (Фон) это будет фон, иначе — растровое изображение из внешнего файла, размещенное на условной небесной сфере.

Задание объектов ландшафта

Для повышения наглядности, реалистичности и визуальной оценки размеров предусмотрено добавление к сцене характерных объектов, например — фигуры человека, дерева, автомобиля. Это так называемый ландшафт. Имеется библиотека ландшафта. Можно создать свои объекты (любимая девушка, любимый автомобиль).

Добавим фигуру человека к визуализируемой сцене.

- В окне аксонометрии установите ПСК по верхней плоскости основания.
- Укажите кнопку панели инструментов **Render** или в падающем меню строку **View** \ **Render** \ **Landscape New** (Новый ландшафт) — возникло окно задания объектов ландшафта.
- Посмотрите предлагаемые объекты, выбрав их в списке и указав **Preview**.
- Укажите объект **People #2**, затем кнопку **Position**. Укажите в видовом окне точку вставки перед кубом (см. рис. 8.6).

- Задайте высоту объекта шкалой **Height**. Высота задается в единицах пространства модели. В нашем примере фигуру человека можно задать высотой от 20 до 50 \ **OK**.

  Результат

  Вставленный объект показан условно в виде треугольника.

- Визуализируйте сцену — должна быть показана фигура человека.

Если включен переключатель **View Aligned** (Выровнять по виду), то объекты ландшафта устанавливаются параллельно виду, причем это положение поддерживается при изменении вида.

Редактирование объектов ландшафта

- Укажите кнопку или **View** \ **Render** \ **Landscape Edit** (Редактирование ландшафта) — возникло окно редактирования объектов ландшафта. Вносите коррективы.

Объекты ландшафта можно редактировать как все объекты AutoCAD командами MOVE, ROTATE, COPY, SCALE.

Для дополнительного освещения объектов ландшафта (например, лица людей) рекомендуем установить для каждого из них узконаправленный бестеневой прожектор и подобрать его интенсивность.

Создание новых объектов ландшафта

Нужно иметь два растровых файла: изображение объекта (**Image File**) и его карту прозрачности (**Opacity Map File**). Например, посмотрите файлы 8peop17l.tga и 8peop17o.tga. Карту прозрачности можно получить на основе изображения в любом редакторе растровых файлов. Затем выполните:

- укажите или **View** \ **Render** \ **Landscape Library** — возникло окно задания объектов ландшафта;
- укажите **New** (Создать) — возникло окно создания нового объекта. Подставьте значения в поля **Name** (Имя объекта), **Image File**, **Opacity Map File** (в последних двух — укажите полные имена файлов).

Созданный объект включается в библиотеку render.lli и может быть применен в качестве ландшафта.

8.8. Туман

Основное назначение тумана — уменьшить контрастность (ослабить, приглушить или затемнить) отображения объектов заднего плана. Например, на

рис. 8.6 затуманен дальний край основания, что создает видимость слияния земли и неба на горизонте. Параметрами тумана являются его цвет, ближняя и дальняя границы, между которыми туман усиливается от минимального до максимального значений.

Туман преимущественно создается в перспективной проекции. Положение границ тумана определяется в долевом отношении от расстояния между камерой и задней секущей плоскостью (Back Clipping), задаваемой командами `3DORBIT` или `DVIEW`. Итак, установим туман.

- Создайте перспективную проекцию в видовом окне. Для этого выполните команду `3DORBIT` (укажите) \ П-щелкните и в возникшем контекстном меню укажите **Projection** (Проекция) \ **Perspective** (Перспектива) (*см. гл. 11*).
- В том же контекстном меню укажите **More** (Дополнительно) \ **Adjust Clipping Planes** (Настроить плоскости сечения) — возникло окно настройки сечений **Adjust Clipping Planes**.
- В меню окна настройки сечений укажите кнопку **Adjust Back Clipping** (Настроить заднюю плоскость) — и кнопку **Back Clipping On** (Включить заднюю плоскость) — .

Перемещая курсор в окне настройки сечений в вертикальном направлении, добейтесь того, чтобы в видовом окне перспективы исчез край стола, который требуется затуманить. Возможно, что потребуется несколько раз переместить курсор на всю область окна.

- Закройте окно настройки сечения — ПЩ \ **Close**. В видовом окне изображение осталось обрезанным плоскостью (Back Clipping).

После задания плоскости можно включить туман:

- укажите кнопку панели инструментов **Render** или **View** \ **Render** \ **Fog** (Туман) — возникло окно параметров настройки тумана.

В окне **Fog / Depth Cue** (Туман / Ослабление по глубине) поле **Color** определяет цвет тумана. Параметры **Near Distance** и **Far Distance** устанавливают, соответственно, начальную и конечную границы области тумана в долях от расстояния камеры до плоскости **Back Clipping**. Параметры **Near Fog Percentage** и **Far Fog Percentage** задают значения тумана на его границах. В нашем примере:

- задайте **Near Distance** равным от 0.8 до 0.9, **Far Distance** равным 1, **Near Fog Percentage** равным 0, **Far Fog Percentage** равным 1;
- если задан фон, то переключателем **Fog Background** (Фон тумана) действие тумана можно распространить и на него. В этом случае следует задать **Far Fog Percentage** меньше 1;

- убедитесь, что переключатель **Enable Fog** (Включить туман) включен, и визуализируйте сцену — объекты заднего плана должны плавно погружаться в туман;
- получите визуализации при различном цвете тумана. Проверьте возможность ослабления фона при включенном переключателе **Fog Background**.

Туман можно задать и в аксонометрии, хотя значение параметров расстояния становится условным, подбираемым визуально.

Для отключения плоскости сечения и восстановления изображения в видовом окне:

- укажите \ в контекстном меню укажите **More** \ **Back Clipping On** \ **Exit**.

Итоговая визуализация композиции

После присвоения материалов объектам композиции, добавления фона, фигур ландшафта, тумана и настройки перспективнго изображения выполните визуализацию композиции. Результат выведите и сохраните в двух файлах с расширением tif. Первый файл размером 640×480, второй 1024×768.

8.9. Просмотр, сохранение и вставка растровых изображений

AutoCAD имеет развитые средства работы с растровыми изображениями, рассматриваемые в данном разделе. В дополнение к нашим материалам изучите соответствующий раздел справочной системы:

- **Help** \ **User's Guide** \ **Create Realistic Images and Graphics** \ **Work with Raster Images in AutoCAD Drawings**.

Просмотр растровых изображений

Существует множество внешних программ просмотра растровых изображений. Наряду с ними AutoCAD имеет собственное средство просмотра — это команда REPLAY, которая выводит изображения из растровых файлов в видовое окно или на лист. Для вывода изображения:

- активизируйте видовое окно или весь лист;
- **Tools** \ **Display Image** (Изображение) \ **View** (Показать) — возникло диалоговое окно **Replay** (Просмотр);
- задайте тип растрового файла \ откройте директорию, содержащую файл, и укажите файл \ **OK**.

Результат

Возникло окно, в котором приведены параметры растрового изображения и параметры его размещения в видовом окне на экране.

- **OK** — растровое изображение выведено на экран в активное видовое окно (на лист).

Если размеры изображения превышают размеры видового окна, изображение будет обрезано по границам окна.

Для удаления растрового изображения достаточно выполнить перерисовку экрана: **View** \ **Redraw** (Перерисовка) или клавиша <F7>.

Просмотр текстур AutoCAD

Прежде чем включить текстуру в состав материала, следует посмотреть ее в истинном виде. Предварительно необходимо определить место размещения текстур на вашем компьютере:

- **Tools** \ **Options** \ закладка **File** \ укажите строку **Texture Maps Search Path**.

Результат

Выведен путь к директории Textures, где хранятся файлы текстур AutoCAD. Так, на компьютере автора этот путь следующий: C:\Documents and Settings\alx\Local Settings\Application Data\Autodesk\AutoCAD 2005\R16.1\enu\textures.

Часть директорий на пути поиска текстур являются скрытыми. Чтобы добраться до нужных файлов, необходимо для директории Documents and Settings задать режим показа скрытых папок и файлов. Далее:

- перейдите на лист;
- **Tools** \ **Display Image** \ **View** — возникло диалоговое окно **Replay**;
- следуя по пути поиска, откройте директорию Textures \ задайте расширение файла tga — возникли файлы текстур;
- укажите нужный файл, например, Valley _1 или Sunset \ **OK** \ **OK**.

Сохранение растрового изображения

Под сохранением понимаем запись растрового изображения в файл. Возможны три варианта: адресовать визуализацию в файл, записать в файл изображение, полученное в одном из видовых окон, и сделать растровую копию экрана.

Адресация фотореалистичной визуализации в файл

Адресация результата в файл позволяет задать сколь угодно большой размер растрового изображения, с которого можно, например, получить качественную иллюстрацию при выводе на печать.

Предположим, что параметры фотореалистичной визуализации (свет, тени, материалы) настроены предварительной визуализацией в видовое окно малых размеров. После этого визуализацию адресуем в файл, минуя экран:

- укажите кнопку \ раскройте список **Destination** (Цель) и укажите режим **File** \ укажите кнопку **More Options** (Дополнительные параметры) \ задайте тип файла, его размер и глубину цвета \ **OK** \ задайте директорию и имя файла.

Предпочтительным является формат TIFF (расширение файла tif), глубину цветопередачи для фотореалистичных изображений следует задавать **24-Bit**, размер файла для отчета и презентации — 1024×768. Для качественных иллюстраций растровый размер можно рассчитать, исходя из плотности растра в 300 dpi (точек на дюйм).

Сохранение изображения видового окна

Изображение, созданное в видовом окне, можно сохранить с помощью команды `SAVEIMG`. Будет получен файл, содержащий растровое изображение видового окна. Таким изображением может быть чертеж, каркасные модели, модели после удаления невидимых линий командой `HIDE`, изображение, полученное при фотореалистичной визуализации `RENDER`. Однако в этом варианте нельзя сохранить изображения, полученные в режиме **SHADE** (Закраска). Размер растрового изображения и глубина цветопередачи определяются параметрами видового окна (*см. разд. 8.3*).

Пусть требуется сохранить изображение из видового окна:

- активизируйте сохраняемое окно;
- **Tools** \ **Display Image** \ **Save** (Сохранить) — возникло диалоговое окно, в котором нужно задать формат растрового файла. Рекомендуем задать TIFF \ **Options** \ **PACK** (Сжатие) \ **OK** \ задайте директорию и имя файла \ **OK**.

Команду `SAVEIMG` можно применить ко всему листу. В этом случае будут сохранены изображения объектов листа и векторные (кроме **RENDER** и **SHADE**) изображения объектов в видовых окнах.

Для сохранения фотореалистичной визуализации, созданной в окне **Render** (режим **Render Window**), в его меню укажите **File** \ **Save**.

Растровая копия экрана

Примерами растровых копий являются композиции, приведенные на рис. 6.1, 8.1—8.5, 11.1, 11.4.

После визуализации изображений во всех окнах нажмите клавишу <Print Screen>. Этим вы занесете снимок всего экрана в буфер памяти. Будет со-

хранен весь экран, включая меню, изображение панелей инструментов и курсора. Чтобы обрезать периферийные области, воспользуйтесь редакторами растровых изображений.

Периферию можно обрезать и в AutoCAD. Откройте новый лист, удалите дежурное видовое окно, вставьте из буфера сохраненное изображение всего экрана, отобразите на весь экран только необходимую часть вставки и повторно сохраните изображение экрана в файл командой SAVEIMG.

При копировании экрана для увеличения размера растрового изображения следует предварительно установить максимальное разрешение экрана компьютера, желательно не менее 1024×768. Для расширения зоны графического экрана рекомендуем временно удалить с экрана панели инструментов. Панели удаляются нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<0> (для восстановления панелей повторно нажмите ту же комбинацию).

Вставка и корректировка растрового изображения

Растровое изображение из внешнего файла можно вставить в рисунок AutoCAD. Например, к чертежу детали можно добавить фотографию изделия, к чертежу здания — добавить его фотографию или фотореалистичную визуализацию модели района и т. д. Вставленное изображение становится объектом AutoCAD. Оно не удаляется при перерисовке экрана (в отличие от фотореалистичных визуализаций в видовых окнах).

Вставка растрового изображения из файла осуществляется командой IMAGEATTACH:

- **Insert** (Вставка) \ **Raster Image** (Растровый рисунок) \ укажите растровый файл \ укажите на экране точку вставки и, перемещая курсор, укажите противоположный угол, задающий размеры изображения.

Картинка, вставленная из файла, на самом деле не включается в рисунок и не увеличивает его объем. Фиксируется лишь путь к растровому файлу. Изменение растрового файла приводит к автоматическому обновлению его вставки. При открытии вашего DWG-файла на другом компьютере растровые файлы также должны быть перенесены на этот компьютер. Файлы следует поместить в одну директорию вместе с DWG-файлом, тогда они будут установлены на пути поиска файлов. Иначе возникнет необходимость корректировки пути к файлам командой IMAGE:

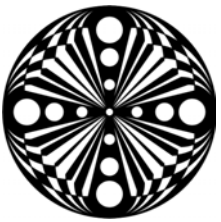
- **Insert** \ **Image Manager** (Управление рисунками) \ **Browse** (Пролистать).

Вставленные из файла растровые изображения можно корректировать: переносить, копировать, перемещать по слоям, масштабировать, растягивать ручками, стирать. Специальные команды редактирования сосредоточены в меню **Modify** \ **Object** \ **Image**:

- пункт меню **Adjust** позволяет изменить контрастность и яркость вставленной картинки;
- **Quality** — качество цветопередачи;
- **Transparency** — сделать картинку прозрачной (для некоторых случаев);
- **Frame** — включить или отключить рамку.

Можно обрезать часть картинки по произвольному контуру, указав пункт меню **Modify** \ **Clip** \ **Image**.

Глава 9



Пространственные модели типа solids

Пространственные модели предназначены для обеспечения наглядности восприятия проектируемых объектов. Кроме того, согласно современной 3D-технологии проектирования, пространственная модель детали, узла или здания является основой для почти автоматического построения чертежей этих объектов.

Различают два типа пространственных моделей AutoCAD:

- solids — тела, сплошные объекты, твердотельные объекты;
- meshes — сети, поверхности.

В данной главе рассматривается моделирование на основе объектов типа solids (solids-объекты). О сетях будет рассказано в *гл. 12*.

Объекты формируются перемещением (команда `EXTRUDE`) или вращением (команда `REVOLVE`) плоского контура. Имеется ряд solid-примитивов (*см. разд. 4.2*), из которых можно формировать объекты сложной формы.

Сложные объекты формируют из solid-примитивов с применением операции объединения (команда `UNION`), вычитания (команда `SUBTRACT`) и пересечения (`INTERSECT` или `INTERFERE`). К solid-объекту можно применить команду `SLICE`, которая выполнит его рассечение плоскостью. Команда `SECTION` построит плоское сечение как линию на поверхности.

Предусмотрены широкие возможности редактирования формы solid-объектов командой `SOLIDEDIT` с ее многочисленными опциями. Можно перемещать и вращать грани, создавать оболочку с поверхности объекта, редактировать цвет граней и ребер, делать их копии и др.

Командами FILLET и CHAMFER можно выполнить плавное или плоское сопряжение граней.

Применительно к solid-объектам разработаны средства автоматического построения проекций, видов и разрезов, составляющие основу чертежа (*см. гл. 10*).

Далее в главе приведены примеры, поясняющие возможности построения и применения solid-объектов. Для их повторения:

- создайте в пространстве листа три видовых окна, установив в них виды спереди, сверху и аксонометрию (*см. разд. 4.1*);
- выведите на экран панели инструментов **Solids** (Тела) (см. рис. 4.2) и **Solids Editing** (Редактирование тел) (рис. 9.1).

Рис. 9.1. Панель инструментов **Solids Editing**

9.1. Объединение и вычитание объектов

Объединение

Команда UNION создает единый solid-объект из нескольких частей. При объединении формируется линия пересечения.

Построим модель архитектурного объекта объединением четырех параллелепипедов (рис. 9.2):

- активизируйте окно вида сверху;
- **Draw** (Рисование) \ **Solids** (Тела) \ **Box** (Ящик) или укажите куб на панели инструментов **Solids**;

- введите координаты двух противоположных угловых точек среднего параллелепипеда, например: 12,20 и @37,10,5;
- по размерам модели или в глазомерной пропорции, согласно рис. 9.2, постройте еще три параллелепипеда.

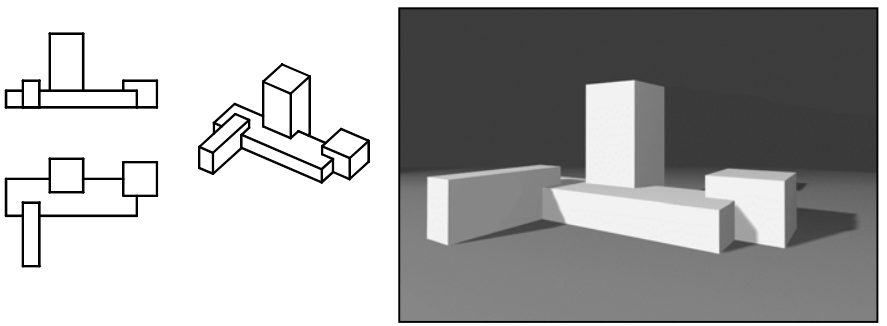


Рис. 9.2. Модель, полученная объединением четырех параллелепипедов

Объединить параллелепипеды можно либо вызвав команду `UNION` из меню **Modify** (Редакт) \ **Solids Editing** (Редактирование сплошных) \ **Union** (Объединение), либо введя команду в командной строке, либо указав кнопку панели инструментов **Solids Editing**:

- укажите \ нажмите клавишу <F1> — просмотрите справочную информацию по команде `UNION` \ <Esc>;
- укажите объединяемые элементы \ ПЩ;

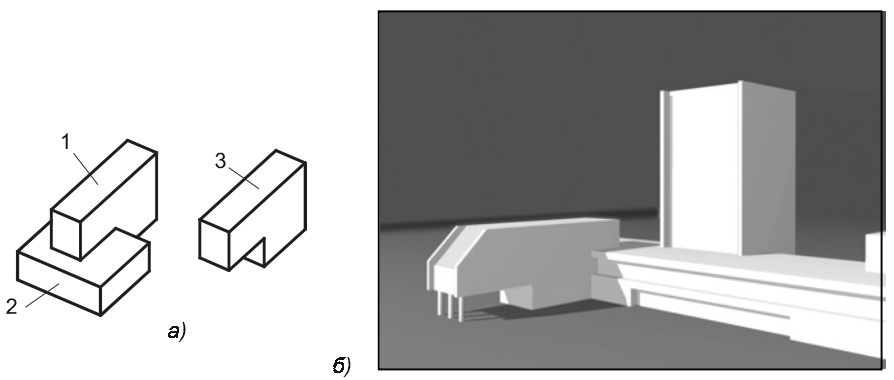


Рис. 9.3. Вычитание объектов (*а*).
Архитектурный объект, полученный вычитанием (*б*)

Результат

Элементы объединены в один объект; построена линия их пересечения.

- в окне аксонометрии удалите невидимые линии — командой `HIDE` или `SHADEMODE`.

Вычитание

Позволяет создавать ниши, отверстия, пазы, углубления. Выполняется командой `SUBTRACT`, вызываемой из меню **Modify** \ **Solids Editing** \ **Subtract** (Вычитание) или по кнопке панели инструментов **Solids Editing**.

На рис. 9.3, *а* показано, как из объекта 1 вычтен объект 2. Выполните:

- создайте два параллелепипеда в соответствии с рис. 9.3, *а*;
- `subtract` \ <F1> — просмотрите справочную информацию по команде `SUBTRACT` \ <Esc>;
- укажите уменьшаемый объект 1 \ ПЩ \ укажите вычитаемый объект 2 \ ПЩ — получена разность — объект 3.

Архитектурный объект на рис. 9.3, *б* получен из объекта, показанного на рис. 9.2, многократным вычитанием параллелепипедов.

На рис. 9.2, 9.3 выполнена фотореалистичная визуализация с построением теней и присвоением несложных материалов. Рекомендуем дополнить ее, придав основанию зеркальность, установить фон и туман (*см. гл. 7, 8*).

9.2. Выдавливание и пересечение элементов. Гайка

Выдавливание

Выполняется командой `EXTRUDE`, которая формирует объект путем перемещения плоского контура либо по нормали к его плоскости, либо по произвольной (с некоторыми ограничениями) траектории. Изучите справочную информацию по команде `EXTRUDE`:

- **Draw** \ **Solids** \ **Extrude** (Выдави) или укажите кнопку панели **Solids** (будьте внимательны, похожая кнопка, но другого назначения, имеется на панели **Solids Editing**) \ <F1> \ прочитайте справку \ <Esc>.

Пересечение

Выделяет общую часть нескольких solid-объектов. Для операции пересечения применяются близкие по назначению команды `INTERSECT` или

INTERFERE — посмотрите разделы справочной информации по указанным командам.

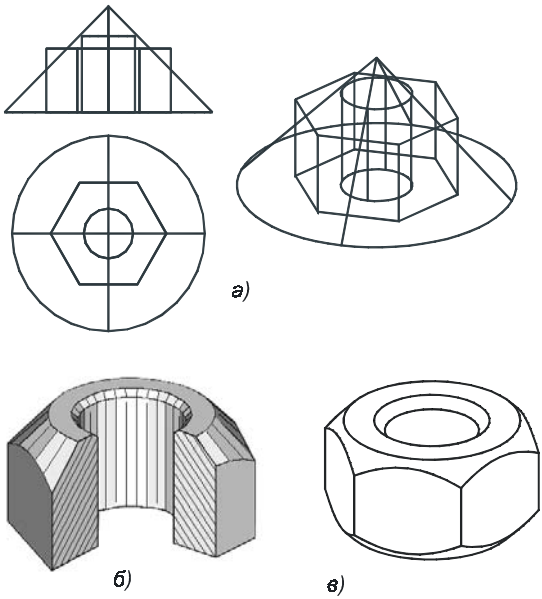


Рис. 9.4. Модель гайки:
а — исходные объекты; *б* — объемный разрез, визуализация **Shade**;
в — визуализация **Hidden** с отображением только контурных линий

В качестве примера совместного применения команд выдавливания и пересечения рассмотрим построение модели распространенного резьбового изделия — гайки (рис. 9.4). Боковая поверхность гайки (поверхность "под ключ") — это шестигранная призма, создаваемая *выдавливанием* правильного шестиугольника. Наружная фаска образуется *пересечением* шестигранной призмы и конуса, отверстие в гайке — *вычитанием* цилиндра, фаски в отверстии — *вычитанием* конусов.

Все построения выполняются в окне вида сверху. Строим шестигранную призму, применив команду EXTRUDE:

- перенесите начало ПСК в середину видового окна вида сверху;
- **Draw** \ **Polygon** (Многоугольник) \ 6 \ 0,0 \ ПЩ (т. е. нужен шестиугольник, вписанный в окружность) \ радиус равен 75;
- extrude \ укажите шестиугольник как контур выдавливания \ высота 75 \ угол конусности 0 — призма построена.

Построим конус и цилиндр:

- cone или укажите \ радиус 125 \ высота 125;
- cylinder или укажите \ радиус 32 \ высота 85.

Результат

Построены основные объекты, формирующие гайку (см. рис. 9.4, *а*).

Выполним пересечение призмы и конуса:

- **Modify** \ **Solids Editing** \ **Intersect** (Пересечение) или укажите кнопку \ укажите призму и конус \ ПЩ — получена призма с наружной конической фаской. Обратите внимание на линии пересечения призмы и конуса — это гиперболы.

Для формирования отверстия "под резьбу" из полученного тела вычтем цилиндр:

- subtract или укажите \ укажите призму с фаской \ ПЩ \ укажите цилиндр \ ПЩ — гайка построена;
- удалите невидимые линии в окне аксонометрии командой HIDE.

Для повышения качества визуализации можно (см. рис. 9.4, *б, в*) увеличить плотность каркаса сети или, напротив, не отображать каркас (*см. разд. 4.3*).

Доработайте модель гайки следующим образом:

- постройте нижнюю наружную фаску *пересечением* с дополнительным конусом, вершина которого направлена вниз;
- создайте две внутренних конических фаски в отверстии *вычитанием* двух конусов;
- выполните разрез модели как на рис. 9.4, *б*. Для этого достаточно вычесть параллелепипед, размеры которого соответствуют удаляемой четверти, или применить команду SLICE (*см. разд. 9.3*);
- получите наглядные изображения гайки командой SHADEMODE (см. рис. 9.4, *б*) или RENDER.

9.3. Сечение и разрез

Сечение — это фигура, образуемая на поверхности solid-объекта при его пересечении плоскостью (рис. 9.5, *а*). Разрез — это рассечение объекта плоскостью на две части, каждая из которых будет также solid-объектом (рис. 9.5, *б*). Сечение выполняется командой SECTION, разрез — командой SLICE.

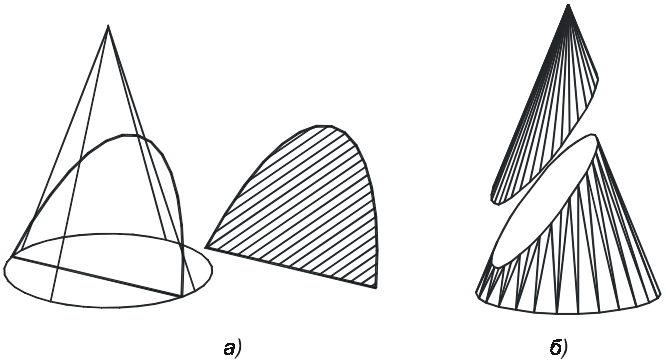


Рис. 9.5. Сечение (*а*) и разрез конуса (*б*)

Секущую плоскость можно задать тремя точками или одной из координатных плоскостей текущей системы координат (ПСК).

- Постройте конус (solid-объект) в МСК.
- Задайте ПСК так, чтобы ее плоскость *XOY* пересекла конус, например, перенесите начало координат МСК, добившись, чтобы ось *X* пересекла основание конуса, а затем поверните ПСК вокруг оси *X* на угол от 50° до 60°.

Построение сечения

- **Draw** \ **Solids** \ **Section** (Сечение) или кнопка на панели инструментов **Solids Editing** \ укажите рассекаемый объект \ ПЩ \ введите опцию XY \ на запрос "Точка на плоскости XZ" введите 0,0,0 \ ПЩ.

Результат

Построено сечение (см. рис. 9.5, *а*). Командой LIST определите тип объекта — это REGION. Для наглядности сечение можно скопировать на свободное место и заштриховать.

Построение разреза

- **Draw** \ **Solids** \ **Slice** (Разрез) или укажите кнопку \ укажите рассекаемый объект \ ПЩ \ <Режущая плоскость> XY \ на запрос "Точка на плоскости XZ" введите 0,0,0 \ ПЩ \ укажите точку каркаса объекта в той его части, которую нужно сохранить. Указание выполните с объектной привязкой **Nearest** (Ближайшая). Чтобы сохранить обе части объекта, укажите опцию **Both** (Оба).

Результат

Объект разрезан на две части. Одна из них может быть автоматически удалена. Если оставлены обе части, то для наглядности сместите одну часть, как показано на рис. 9.5, *б*.

❐ Посмотрите справочную информацию по командам `SECTION` и `SLICE`.

9.4. Редактирование граней

Основная команда редактирования — `SOLIDEDIT`. К ней можно обратиться через меню **Modify** \ **Solids Editing**, но лучше воспользоваться одноименной панелью инструментов (см. рис. 9.1). Изучите соответствующий раздел справочной системы.

Перемещение и поворот граней

Переместим одну из граней куба, преобразовав его в параллелепипед:

❐ постройте куб (solid-объект) со стороной 50 (рис. 9.6, *а*).

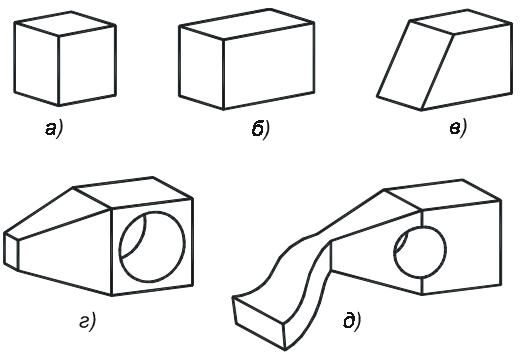


Рис. 9.6. Преобразование куба на основе редактирования его граней:
а — исходный куб; *б* — перемещение грани;
в — поворот грани; *г* — выдавливание грани по прямой;
д — выдавливание грани по кривой и перемещение отверстия

Применяем команду `SOLIDEDIT` с опцией **Extrude**, вызывая ее из меню или по кнопке панели:

❐ **Modify** \ **Solids Editing** \ **Extrude** (Выдавливание) или укажите кнопку панели **Solids Editing** \ укажите одну из видимых граней — она выделится прерывистым контуром \ задайте перемещение от 20 до 30 \ угол выдавливания равен 0 — куб преобразован в параллелепипед (см. рис. 9.6, *б*).

Для выдавливания в направлении, перпендикулярном грани, удобнее применять опции **Offset** (Смещение) или **Move** (Передвинуть) — соответственно кнопки и панели **Solids Editing**.

Для поворота грани (см. рис. 9.6, *в*) в команде `SOLIDEDIT` предусмотрена опция **Rotate**:

- укажите \ укажите грань, например, левую, параллельную оси *Y* текущей ПСК \ задайте ось поворота *Y* \ применив объектную привязку, укажите точку, через которую должна проходить ось — ближний угол параллелепипеда \ задайте угол поворота раным 30 — произошел поворот грани.

На рис. 9.6, *г* показан результат применения опции **Extrude** к левой грани куба, если угол выдавливания отличен от нуля — образуется пирамида. Дополнительные возможности редактирования граней видны из сопоставления рис. 9.6, *г* и *д*. Применение опции **Offset** к цилиндрической поверхности предварительно выполненного отверстия позволило уменьшить его диаметр. С помощью опциии **Move** отверстие с середины грани перемещено так, что его центр совпал с центром ребра. Левое основание пирамиды опцией **Extrude** \ **Path** выдавлено по предварительно созданной траектории, после чего образовавшиеся боковые сегменты развернуты на угол ±30°.

- Повторите пример, приведенный на рис. 9.6, *д*. Реализуйте свой вариант преобразования формы куба на основе редактирования его граней.

На рис. 9.7, *а* показано преобразование объекта, исходный вид которого дан на рис. 9.2, выполненное перемещением и поворотом его граней. Повторите и этот пример.

Редактирование цвета граней

Придание граням объекта различного цвета повышает его наглядность и позволяет присвоить объекту различные материалы (*см. разд. 8.1 и 8.6*). Для редактирования цвета граней необходимо применить к solid-объекту команду `SOLIDEDIT` с опцией **Color** (Цвет):

- укажите кнопку \ укажите одну или несколько граней, задайте номер цвета, например, цвет 1 (красный) — изменен цвет граней.

Изменение цвета грани наглядно видно при визуализации в режиме `SHADE`.

Редактировать можно сразу несколько граней, выбирая их опциями **Remove** (Убрать) и **Add** (Добавить). Если при выборе указать ребро, то будут выбраны все грани, содержащие это ребро.

Копирование граней и развертка многогранника

На рис. 9.7 приведен пример копирования части граней сложного многогранника и построение его развертки. Копирование граней solid-объекта выполняется последовательно вызываемыми опциями **Face** и **Copy** команды `SOLIDEDIT`, которые позволяют сделать копии и плоскопараллельно переместить их на свободное место:

- укажите \ укажите одну или несколько граней \ ПЩ \ задайте две точки вектора перемещения — создана копия грани (граней) в пространстве модели.

Копирование граней позволяет построить развертку многогранника. Для этого нужно копии граней поместить в единую плоскость чертежа, в качестве которой удобно назначить плоскость листа. Затем копии граней нужно совместить по общим ребрам.

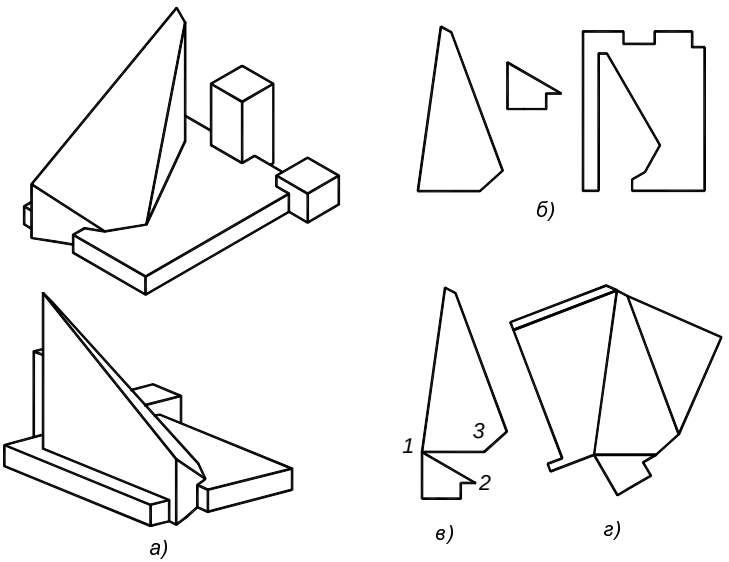


Рис. 9.7. Построение развертки граней:
а — многогранник; *б* — копии ряда граней; *в*, *г* — совмещение граней

На рис. 9.7, *б* показан ряд граней, извлеченных с объекта и вынесенных на лист. Чтобы вынести грань на лист:

- установите ПСК в плоскость грани по трем точкам этой грани;
- **Draw** \ **Block** (Блок) \ **Make** (Создать) — создайте из грани блок;

- перейдите из пространства модели видового окна в пространство листа;
- **Insert** (Вставка) \ **Block** (Блок) — вставьте блок на лист.

На рис. 9.7, *в*, *г* показано совмещение граней, вынесенных на плоскость чертежа. Одну грань берут за основу — пусть это будет левая грань в ряду вынесенных на лист граней (см. рис. 9.7, *б*). К ней командой `MOVE` переносят смежную грань, совмещая их по общей вершине 1. Затем перемещенную грань поворачивают вокруг точки 1 так, чтобы совместились общие ребра граней:

- `rotate` \ укажите поворачиваемую грань \ ПЩ \ укажите точку поворота — точка 1 \ опция **Referense** \ укажите точки 1 и 2 \ укажите точку 3.

Звезда

Многогранник на рис. 9.8 получен выдавливанием граней усеченного куба. Углы выдавливания заданы так, что ребра в конце пути сходятся в точки — вершины пирамид. Построим усеченный куб:

- задайте синий цвет. Постройте куб со стороной 50;
- измените текущий цвет, например, на красный. Это придаст граням звезды разный цвет. Включите постоянно действующую объектную привязку **Midpoint** (Середина) и **Endpoint** (Конечная). Перейдите в окно аксонометрии;
- `slice` \ укажите куб \ ПЩ \ для задания секущей плоскости укажите средние точки трех ребер, имеющих общую вершину \ укажите какую-либо вершину с *противоположной* стороны секущей плоскости — срезана пирамидальная часть куба;

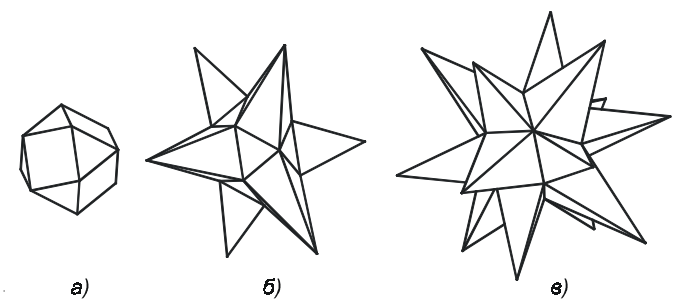


Рис. 9.8. Построение звездчатого многогранника:
а — усеченный куб; *б* — выдавливание четырехугольных граней;
в — выдавливание треугольных граней

- подобным образом срежьте куб в области остальных семи вершин — получен многогранник, содержащий квадратные и треугольные грани разного цвета (см. рис. 9.8, *а*).

Результат

Построен многогранник, содержащий грани в виде квадрата и правильного треугольника.

Выдавим грани, задав расчетные значения высоты и угла, при которых из каждой грани формируется правильная пирамида. Дополнительно примем, что пирамида с квадратным основанием имеет высоту вдвое больше стороны основания, а пирамида с треугольным — высоту, равную 60:

- скройте невидимые линии — выполните **View** \ **Shade** \ **Hiddeh** \ укажите кнопку панели **Solids Editing** \ укажите одну или несколько квадратных граней \ высоту выдавливания задайте равной 70.71 \ угол выдавливания задайте 14.036;
- поворачивая многогранник командой `3DORBIT`, выдавите все квадратные грани (рис. 9.8, *б*);
- для выдавливания треугольных граней задайте высоту 60 и угол 9.6.

После выдавливания всех граней многогранник должен соответствовать рис. 9.8, *в*. Визуализируйте его в режиме **Gouraud Shaded** (меню **View** \ **Shade**). Осмотрите (команда `3DORBIT`) и задайте непрерывное вращение. Красиво!?

9.5. Карниз

Для построения карниза (рис. 9.9) необходимо создать контур, траекторию, установить контур относительно траектории и командой `EXTRUDE` переместить (выдавить) его по этой траектории.

Строим контур, показанный на рис. 9.9, *а* как два сегмента полилинии и сплайн:

- перейдите в видовое окно вида спереди;
- `pline` \ 0,0 — это точка 1 \ 0,22 \ опция **Arc** \ 3,25 \ опция **Line** \ 7,25 \ 7,34 \ ПЩ;
- `spline` \ 7,34 \ 13.5, 36.5 \ 19,45 \ 22.5, 52.5 \ 31,56 \ ПЩ \ ПЩ \ ПЩ;
- `pline` \ 31,56 \ 31,65 \ −7,65 \ −7,0 \ 0,0 \ ПЩ.

Контур выдавливания должен представлять единую область или полилинию. Объединим три построенных сегмента в область. В местах объединения не допускаются зазоры или пересечения, иначе область не сформируется:

- `region` или укажите кнопку \ укажите три сегмента профиля \ ПЩ — контур готов.

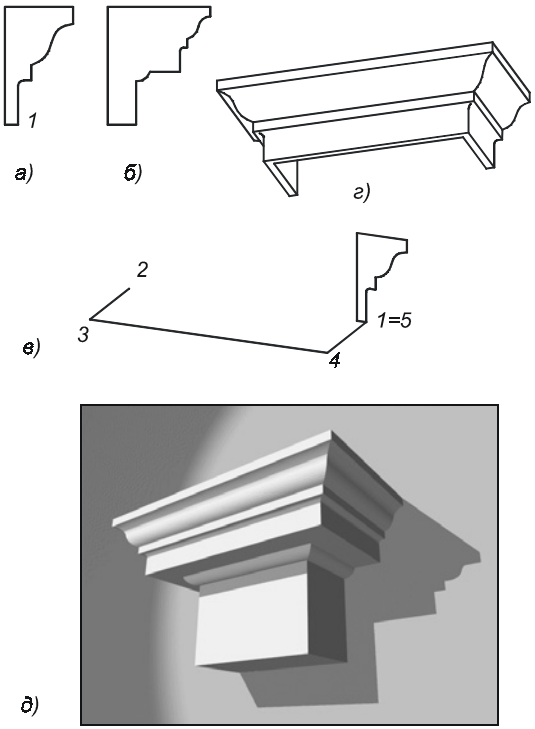


Рис. 9.9. Карниз: *а*, *б* — контуры;
в — траектория выдавливания и стартовое размещение контура;
г — результат; *д* — фотореалистичная визуализация

Для проверки формирования области достаточно указать ее курсором — она выделяется как единое целое. В противном случае ищите дефекты в местах сопряжения сегментов.

Создаем траекторию как полилинию, задавая координаты вершин в приращениях:

- перейдите в видовое окно вида сверху;
- `pline` \ укажите произвольную точку — это будет точка 2 \ @0,−70 — точка 3 \ @180,0 — точка 4 \ @ 0,70 — точка 5 \ ПЩ.

Установим контур перпендикулярно траектории:

- перейдите в видовое окно аксонометрии;
- `move` \ с применением объектной привязки **Endpoint** (Конечная) переместите контур, совместив его точку 1 с точкой 5 траектории.

Осталось переместить контур вдоль траектории:

- `extrude` \ укажите контур \ ПЩ \ опция **Path** \ укажите траекторию — карниз построен.

Установите вид как на рис. 9.9, *г*, отключите отображение линий каркаса. Выполните команду `HIDE`.

На рис. 9.9, *д* показана фотореалистичная визуализация карниза, построенного на основе более выразительного профиля (см. рис. 9.9, *б*). Для получения падающей тени необходимо добавить стену, создать источники света, подобрать и назначить материалы.

9.6. Рифовый узел

Узел [1], показанный на рис. 9.10, образован командой `EXTRUDE` при перемещении окружности по весьма сложной траектории.

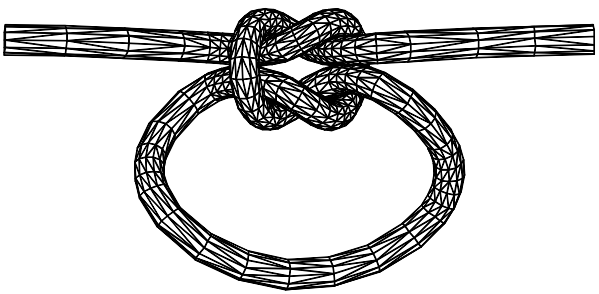


Рис. 9.10. Рифовый узел

Траекторию построим как сплайн-кривую по 21 точке:

- `spline` \ введите координаты точек согласно табл. 9.1 \ завершите ввод, трижды нажав <Enter>.

Проверьте полученный сплайн:

- `list` \ укажите сплайн-кривую.

Результат

В текстовом окне выведены координаты точек сплайна. После сообщения "Number of fit points:" приведены координаты исходных точек сплайна. Сверьте их с данными табл. 9.1. В случае выявления ошибки примените команду редактирования сплайна:

- `splinedit` \ опция **Move** \ укажите вершину, подлежащую редактированию, и заново введите ее координаты \ X \ ПЩ.

Таблица 9.1. *Координаты вершин сплайн-кривой*

№ точки	Координаты	№ точки	Координаты	№ точки	Координаты
1	–62,12,0	8	0,0,10	15	–7,–3,0
2	–30,11,–5	9	–18,2,–10	16	–11,6,10
3	–13,10,–10	10	–30,–13,0	17	–8,15,0
4	0,12,10	11	0,–35,0	18	0,12,–10
5	8,15,0	12	30,–13,0	19	13,10,10
6	11,6,–10	13	15,3,10	20	30,11,5
7	7,–3,0	14	0,0,–10	21	62,12,0

Построенную сплайн-кривую не удается непосредственно применить в качестве траектории ввиду ограничений по кривизне линии со стороны команды EXTRUDE. Предложим следующий "трюк", позволяющий обойти эти ограничения. Установлено, что ограничения существенно ниже, если траектория представлена не сплайном, а пространственной полилинией (ломаной).

Проставим вдоль сплайна точки, а затем по ним командой 3DPOLY построим ломаную линию:

- **Format** (Формат) \ **Point style** (Стиль точки) \ задайте маркер точки — прямой крестик \ установите размер маркера равным 2%;
- **Draw** \ **Point** (Точка) \ **Divide** (Поделить) \ задайте количество точек деления равным от 120 до 150 — вдоль кривой равномерно по длине проставлены маркеры точек;
- установите постоянно действующую объектную привязку **Node** (Узел);
- увеличьте изображение левой части траектории так, чтобы уверенно различать маркеры точек;
- 3dpoly \ указывайте маркеры, начиная с левого. На участках малой кривизны пропускайте по две-три точки; в основной части узла, где кривизна высока, точки нужно соединить подряд;
- при указании точек панорамируйте (кнопка) изображение, не прерывая команды 3DPOLY.

Результат

Построена ломаная линия, которая может быть применена как траектория перемещения. Исходный сплайн сотрите или "заморозьте".

Осталось задать контур выдавливания — окружность, установив ее в плоскости, перпендикулярной траектории в ее конечной точке:

- `ucs` \ опция **ZA** \ укажите объектной привязкой левую конечную точку траектории и точку рядом с ней — задана плоскость профиля;
- `circle` \ центр в начале координат 0,0 \ задайте радиус от 2 до 5;
- `extrude` \ укажите контур \ ПЩ \ **Path** \ укажите полилинию — рифовый узел построен;
- выполните визуализацию **View** (Вид) \ **Shade** (Закраска) \ **Hidden** (Скрыть) или **Gouraud Shaded**, осмотрите узел указав кнопку .

Можно избежать трудоемкого ручного построения ломаной линии, если сплайн экспортировать в файл формата R12DXF, а затем импортировать из этого файла обратно. Поскольку в версии R12 сплайна как объекта еще не было, то при экспортировании сплайн конвертируется в полилинию.

9.7. Оболочки

Одна из замечательных возможностей команды `SOLIDEDIT` заключается в преобразовании поверхности solid-объекта в тонкостенную оболочку применением опции **Shell** (Оболочка). Это позволяет моделировать широкий круг объектов, например, архитектурные своды или детали, получаемые тонколистовой штамповкой.

Для повышения наглядности и устранения вероятностных дефектов формирования оболочек, особенно при сложной форме поверхности, рекомендуем увеличить плотность каркаса solid-объектов:

- **Tools** \ **Options** \ закладка **Display** \ **Contour Lines per Surface** (Сглаживание объектов визуализации) — задайте этот параметр в интервале от 5 до 10 (можно больше).

Сферическая оболочка

На рис. 9.11 показана оболочка из поверхности сферы, срезанной кубом. Выполните этот пример.

- Постройте сферу (solid-объект) радиусом 80, с центром в начале координат и куб (solid-объект), задав координаты его противоположных углов равными (−60,−60,−60) и (60,60,60).
- Выполните пересечение (указав) сферы и куба как показано на рис. 9.11, *а* — получен solid-объект, с которого будем формировать оболочку.

- **Modify** \ **Solids Editing** \ **Shell** (Оболочка) или укажите кнопку панели **Solids Editing** \ укажите solid-объект.

В результате будут выбраны все сегменты поверхности объекта.

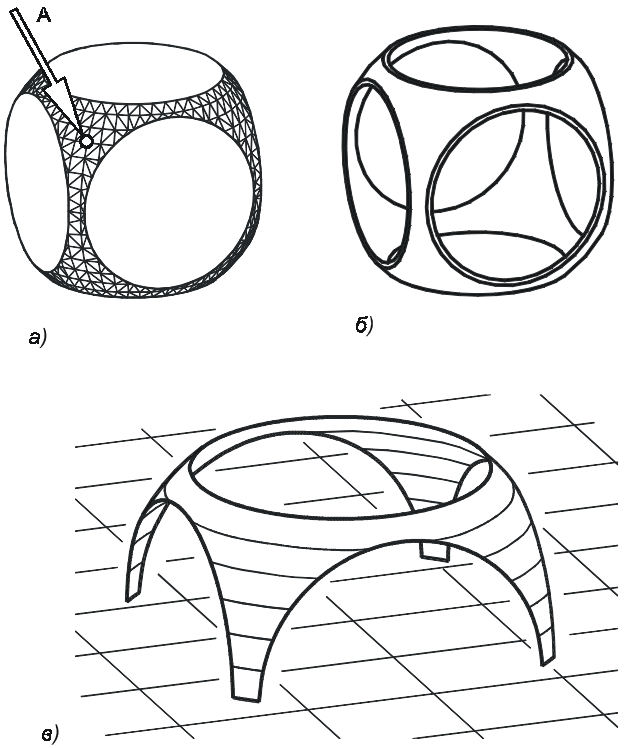


Рис. 9.11. Модель парусного свода:
а — заготовка; *б* — оболочка со сферической части заготовки; *в* — свод

Система предлагает отменить ("Remove faces") часть сегментов, чтобы не строить оболочку всей поверхности. В нашем примере необходимо оставить в выборе только сферическую часть. Чтобы не отменять шесть граней, срезанных кубом, сначала отменим все сегменты, а затем добавим единый сегмент сферической поверхности:

- **All** (Все) \ **Add** (Добавить) \ укажите точку сферической части каркаса, например, точку A, показанную на рис. 9.11, *а*.

Далее необходимо задать толщину оболочки. Оболочка на рис. 9.11, *б* получена при толщине от 2 до 3. Оболочка на рис. 9.11, *в* имеет толщину 0.1.

Положительные значения толщины приведут к формированию оболочки внутрь объекта, отрицательные — наружу.

- Задайте толщину оболочки в интервале от −2 до +2. Оболочка построена (см. рис 9.11, *б*).

Оболочка является solid-объектом, к ней применимы все булевы операции (сложение, вычитание, пересечение) и операции редактирования, позволяющие корректировать ее форму, строить сечения.

Для получения модели парусного свода (см. рис 9.11, *в*) нужно отсечь нижнюю часть оболочки горизонтальной плоскостью, применив команду `SLICE`. Чтобы повысить наглядность свода, командой `SECTION` постройте ряд его горизонтальных сечений. Для имитации "земли", добавьте сетку:

- **Draw** \ **Surfaces** (Поверхности) \ **3D Surfaces** (3D-поверхности) \ в возникшем окне укажите слайд **Mesh** (Сетка).

"Веселенькая" оболочка

Для получения оболочки, показанной на рис. 9.12, нужно построить тор 1, пересечь его с эллиптическим цилиндром 2, ось которого расположена в экваториальной плоскости тора, вычесть эллиптический цилиндр 3, ось которого параллельна оси тора, и срезать нижнюю часть оставшегося объекта плоскостью α. После это с криволинейной поверхности создать оболочку. Решите эту задачу, как пример геометрической головоломки.

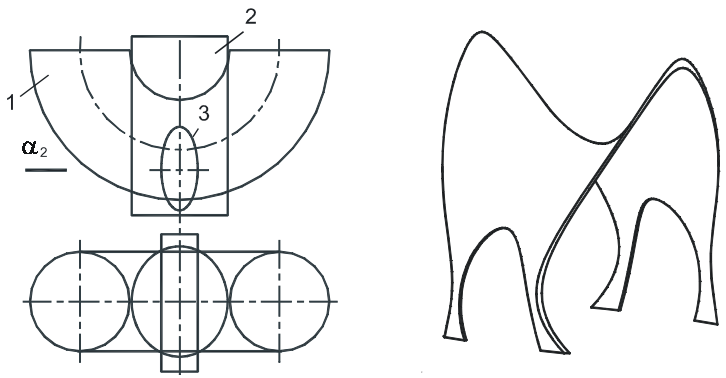


Рис. 9.12. Оболочка на основе тора и эллиптического цилиндра

Деталь тонколистовой штамповки

Строим пуансон, т. е. элемент штампа, при вдавливании которого в матрицу образуется тонколистовая деталь (крышка корпуса прибора).

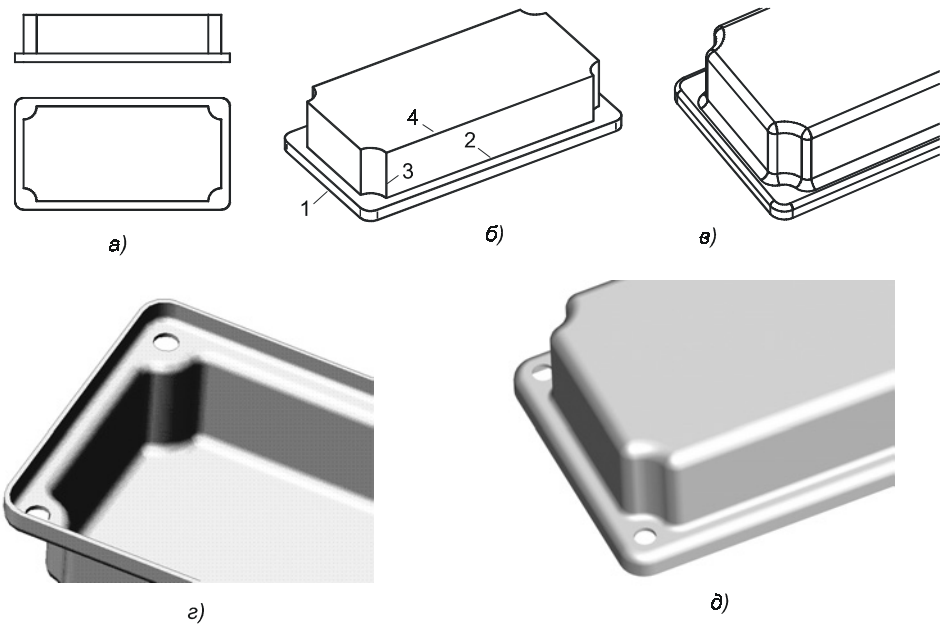


Рис. 9.13. Модель тонколистовой детали: *а* — пуансон; *б*, *в* — радиусы штамповки; *г*, *д* — отверстия в оболочке

В окне вида сверху постройте два контура. Наружный контур — прямоугольник с плавными скруглениями по углам. Внутренний — прямоугольник с вычитанием окружностей по углам (рис. 9.13, *а*):

- `rectang` \ опция **Fillet** \ 10 \ на запрос "First corner point:" введите 0,0 \ на запрос "Other corner point:" введите 250,130 — создан наружный контур;
- `rectang` \ `F` \ 0 \ 10,10 \ 240,120 — создан прямоугольник внутреннего контура;
- `circle` \ "Center point:" укажите угол (привязка **Endpoint**) внутреннего прямоугольника \ **Radius** \ 15;
- `copy` \ укажите окружность \ ПЩ \ `M` — опция **Multiple** (Многократно) \ укажите центр окружности — угол прямоугольника (привязка **Endpoint**) \ укажите остальные три угла внутреннего прямоугольника;
- `region` \ укажите окружности и внутренний прямоугольник \ ПЩ — созданы области;
- `subtract` \ укажите внутренний прямоугольник (уменьшаемый) \ ПЩ \ укажите четыре вычитаемых окружности \ ПЩ — создан внутренний контур;

- командой EXTRUDE выдавите наружный контур на высоту 10, внутренний — на высоту 55;
- командой UNION объедините объекты (см. рис. 9.13, *б*).

Задайте радиусы штамповки — это радиусы скруглений по ребрам пуансона:

- fillet \ укажите ребро 1 \ "Fillet radius:" — 3 \ **Chain** (Цепочка) — выявить цепочку сопряженных ребер \ укажите дугу, примыкающую к ребру 1 — показан контур сопряжения \ ПЩ — выполнено сопряжение по периметру наружного контура.

Остальные сопряжения выполним радиусом 5. Для формирования тороидальных сопряжений в угловых точках все сопряжения необходимо выполнить, не прерывая команды FILLET. Опция **Chain** в этом примере не действует. Поэтому в окне аксонометрии предварительно установите видовую точку так, чтобы были видны и не совпадали с другими все сопрягаемые ребра. Имеет значение последовательность указания ребер — по цепочкам сопряжений:

- fillet \ укажите ребро 2 \ "Fillet radius:" — 5 \ укажите остальные семь ребер этого контура, соблюдая направление выбора, например, по часовой стрелке \ укажите вертикальное ребро 3 и остальные три вертикальных ребра \ укажите ребро 4 и, по цепочке, остальные ребра верхнего контура \ ПЩ.

Пуансон готов (см. рис. 9.13, *в*). Строим оболочку, которая образуется всеми гранями пуансона, кроме нижней:

- в окне аксонометрии измените направление взгляда так, чтобы нижняя грань стала видимой. Выполните визуализацию HIDE и убедитесь в том, что смотрите снизу;
- укажите кнопку панели редактирования solid-объектов \ укажите пуансон — выбраны все его грани \ для удаления из выбора нижней грани укажите точку в области этой грани \ задайте толщину оболочки в интервале от −1 до −2 (отрицательное значение приводит к образованию оболочки наружу от пуансона) \ ПЩ — оболочка построена;
- для выполнения в оболочке крепежных отверстий (см. рис. 9.13, *г*, *д*) следует создать цилиндры в качестве сверл, как solid-объекты, и вычесть их из оболочки.

9.8. Архитектурный составной свод

Рассмотрим два характерных примера построения моделей сводов регулярной формы [3] (рис. 9.14). Своды формируются как круговые массивы секций, каждая из которых является тонкостенной solid-оболочкой поверхности вращения или перемещения.

Свод вращения

Свод получен из восьми секций, вырезанных из solid-оболочки. Криволинейная часть секции образована вращением дуги эллипса. Строим контур вращения 0-1-2 (см. рис. 9.14, *а*):

- перейдите в видовое окно вида сверху;
- `ellipse` \ **Arc** — опция, задающая дугу эллипса \ **Center** \ 0,0 \ на запрос "Endpoint of axis:" введите 60,0 \ "Distance to other axis:" — 30 \ "Start angle or:" — 90 \ "End angle:" 180 — построена дуга эллипса;
- `line` \ −60,0 \ 0,0 \ 0,30 \ ПЩ \ `region` \ укажите дугу и отрезки \ ПЩ — контур создан.

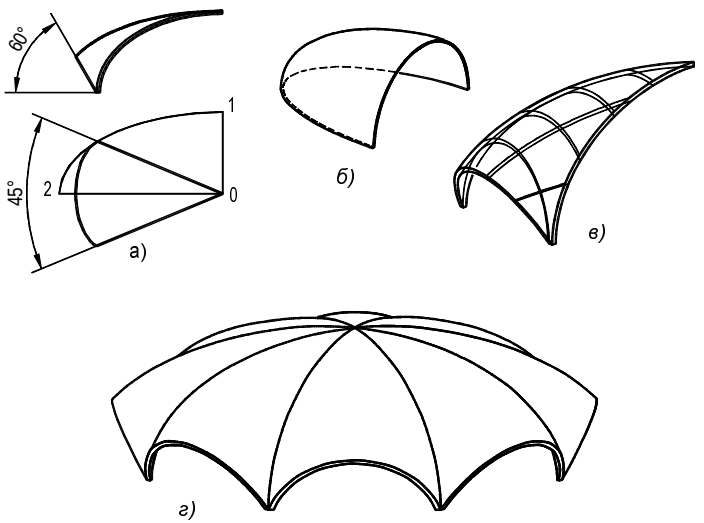


Рис. 9.14. Эллиптический свод:
а — контур и параметры секции; *б* — эллиптическая оболочка;
в — секция; *г* — круговой массив секций

Создаем solid-объект вращением контура вокруг оси, заданной точками 2 и 0:

- `revolve` \ укажите контур \ ПЩ \ объектной привязкой укажите точки 2 и 0 \ 180 — построена четверть эллипсоида вращения как заготовка для оболочки.

В окне вида сверху строим оболочку на основе криволинейной части объекта:

- укажите кнопку панели редактирования solid-объектов \ укажите объект \ **All** \ **Add** \ укажите точку криволинейного каркаса — выделена

только криволинейная часть solid-объекта \ задайте толщину оболочки в интервале от 0.5 до 2 — оболочка построена (см. рис 9.14, *б*).

В соответствии с количеством секций вырезаем из оболочки круговой сектор 45° двумя вертикальными секущими плоскостями. Для формирования боковой поверхности свода срезаем часть сектора фронтально-проецирующей плоскостью под углом 60° к "земле" (см. рис. 9.14, *а*):

- в окне вида сверху убедитесь, что ПСК имеет начало координат в точке 0;
- `ucs` \ **Z** — поворот вокруг оси *Z*\ 22.5° — система координат установлена так, что ее плоскость *ZOX* является плоскостью среза;
- `slice` \ укажите оболочку \ ПЩ \ **ZX** \ ПЩ \ укажите точку в той части, которую нужно оставить — обрезана часть оболочки;
- `ucs` \ **Z** \ −45 — выполнен поворот ПСК в новое положение;
- `slice` \ укажите оболочку \ ПЩ \ **ZX** \ укажите точку в нужной части секции — обрезана еще часть оболочки;
- перейдите в окно вида спереди, перенесите начало координат в точку опоры секции "на землю", поверните ПСК на 30° и отрежьте левую часть сектора плоскостью *YZ*;
- вновь перейдите в окно вида сверху и размножьте секции круговым массивом (команда `ARRAY`), задав количество секций равным 8.

Разнообразие вариантов сводов вращения достигается изменением количества секций, заданием образующей как отрезка прямой (конические и цилиндрические своды), дуги окружности (тороиальные своды) или произвольной линии `PLINE` или `SPLINE`. Боковую поверхность секции можно формировать не только режущей плоскостью, но и криволинейной поверхностью произвольной формы.

Далее приведены рекомендации по фотореалистичной визуализации свода.

Свод перемещения

Каждая из восьми секций свода (рис. 9.15) является отсеком гиперболического параболоида. С учетом возможностей AutoCAD, свод с такой поверхностью можно построить в следующей последовательности.

Сначала получим сетевую линейчатую поверхность гиперболического параболоида (так называемая *косая плоскость*). Это будет точная модель поверхности. Однако для сетей не предусмотрена возможность отсечения, и вырезать из сети секцию не удастся. Чтобы получить solid-оболочку построим гиперболический параболоид перемещением одной параболы по другой. Сеть используем в качестве разметки для построения образующей и направляющей парабол. Из образующей параболы создадим тонкостенный контур. Командой `EXTRUDE` переместим контур по направляющей па-

раболе. Будет получена solid-оболочка, из которой вырежем отсек и размножим его по кругу.

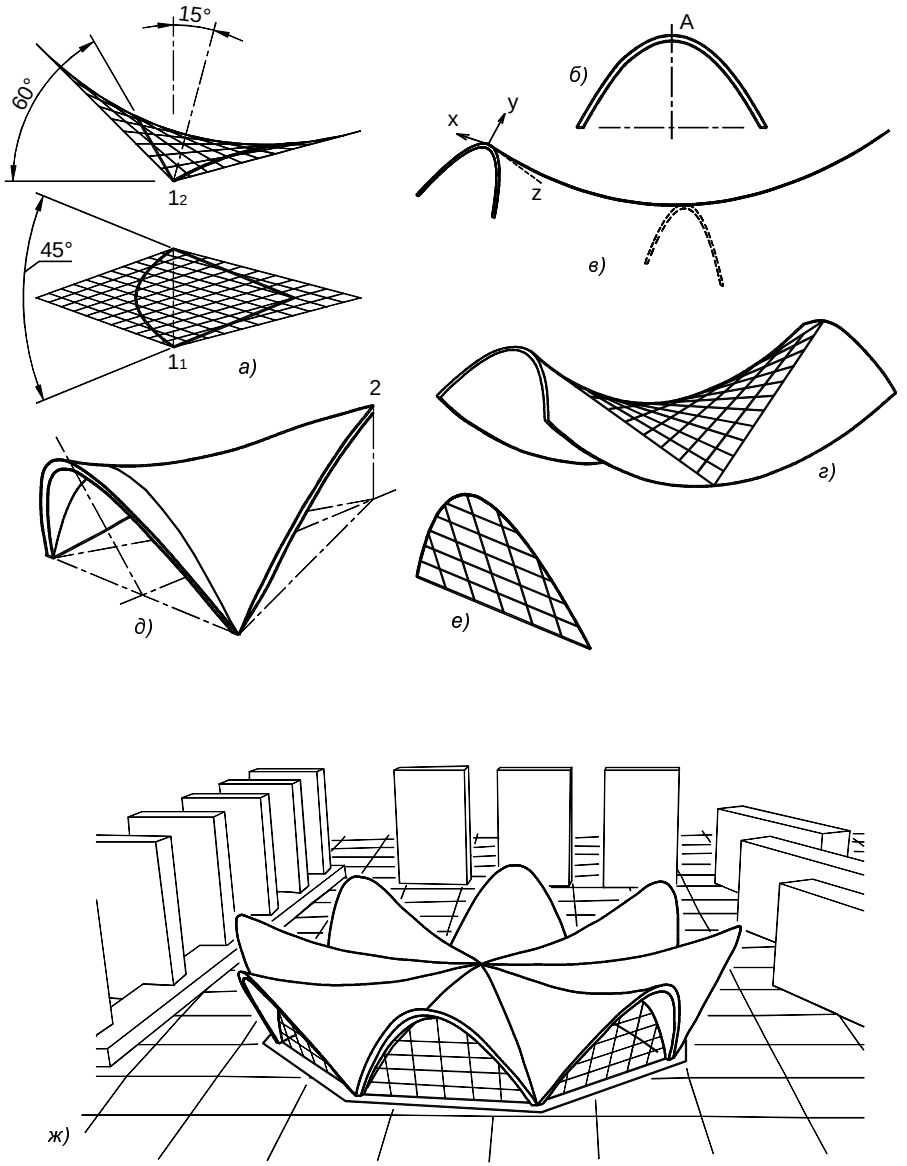


Рис. 9.15. Параболический свод:
а — разметка секции; *б* — контур; *в* — стартовое положение при выдавливании профиля; *г* — оболочка; *д* — секция; *е* — остекление; *ж* — композиция

При таком алгоритме возникает погрешность построения, вызванная тем, что команда EXTRUDE перемещает контур перпендикулярно траектории, а не плоскопараллельно, как требуется для точного воспроизведения гиперболического параболоида. Однако эта погрешность незначительна.

Построим разметочную сеть

- Перейдите в окно вида сверху, установите МСК (см. рис. 9.15, *а*);
- **Draw** \ **Surfaces** \ **3D Surfaces** (3D-поверхности) \ в диалоговом окне сетевых объектов укажите слайд сети **Mesh** (Сеть) \ введите координаты угловых точек сети: 0, −27 \ 87,0,50 \ 0,27 \ −87,0,50 \ задайте количество рядов и строк сети от 12 до 20 — сеть построена;
- в окне вида спереди командой ROTATE поверните сеть вокруг точки 1 на -15^0.

Построим контур сечения оболочки

В видовом окне вида слева установим ПСК и вид по плоскости контура образующей параболы (см. рис. 9.15, *б*):

- перейдите в окно вида спереди. Убедитесь, что начало координат совпадает с точкой 1 или установите ее в эту точку;
- ucs \ **Z** (поворот вокруг оси Z) \ −15 \ ucs \ Y \ −90;
- ucs \ **Apply** (Применить) \ перейдите в окно вида слева \ ПЩ;
- plan \ **Current** (Текущий) или ПЩ.

С помощью команды DVIEW получим тонкий срез сети, обведя который получим линию сечения:

- перейдите в видовое окно, где установлены ПСК и вид на плоскость контура;
- задайте системной переменной WORLDVIEW значение, равное 0 (worldview \ 0);
- dview \ укажите сеть \ ПЩ \ опция **Points** (Точки) \ Specify target point (Точка цели): 0,0 \ "Specify camera point:" (Укажите точку камеры) 0,0,1 \ опция **Pan** (Панорамирование) — сместите изображение в центр окна \ опция **Clip** (Срез) \ опция **Back** (Задняя плоскость среза) \ расстояние плоскости до точки цели: −0.01 \ **Clip** \ **Front** (Передняя плоскость) \ расстояние плоскости до точки цели: 0.01 — построен тонкий срез сети, видимый как группа точек \ опция **Hide** (Скрыть) — видна линия сечения \ ПЩ — прервите команду.

Результат

Остались сегменты среза, которые видны как точки. Соединяем сегменты полилинией:

- установите объектную привязку **Endpoint** \ перейдите на новый слой;
- `pline` \ указывайте точки среза сети \ ПЩ — получена линия сечения сети.

Постройте тонкостенный замкнутый контур в следующей последовательности:

- командой `OFFSET` создайте внутреннюю линию контура с отступом 1.5 (толщина оболочки). Снизу замкните контур двумя отрезками. Сгладьте кривые линии контура: `pedit` \ **Multiple** \ укажите редактируемые линии \ ПЩ \ **Spline** \ ПЩ. Командой `REGION` объедините линии в область.

Построение направляющей параболы

Выполните это построение в окне вида спереди, установив ПСК в плоскости траектории, на том же слое, что и контур образующей. Командой `PLINE` можно сразу обвести верхний контур сети, либо, как рассмотрено выше для образующей, предварительно создать тонкий продольный срез сети и соединить его точки полилинией. Построенную линию следует сгладить командой `PEDIT`.

Перемещение контура по траектории

Сейчас контур находится в плоскости поперечной симметрии сети, в которой он был создан. Нужно переместить его в стартовую позицию (см. рис. 9.15, *в*).

Установим ПСК как на рис. 9.15, *в*, совместив начало координат с начальной точкой траектории, ось *Z* направим вдоль траектории, ось *X* — параллельно "земле":

- перейдите в видовое окно аксонометрии или создайте его; избирательным замораживанием слоев оставьте в окне направляющую и исходный контур (на рис. 9.15, *в* исходный контур показан штриховой линией); увеличьте изображение в области стартовой точки направляющей;
- `ucs` \ **W** \ `ucs` \ **ZA** \ объектной привязкой **Endpoint** укажите начальную точку направляющей и ближайшую к ней вершину.

> ***Результат***
>
> ПСК установлена, как на рис. 9.15, *в*, т. е. плоскость *XOY* перпендикулярна направляющей в ее начальной точке, ось *X* расположена горизонтально.

Переместим контур в стартовое положение:

- перейдите в окно, где был создан контур и ПСК установлена по плоскости контура.

Скопируйте контур в буфер памяти (или создайте блок) с базовой точкой A в вершине параболы. Эту точку можно найти, предварительно построив ось симметрии и взяв пересечение оси с контуром:

- **Edit** \ **Copy with Base Point** (Копирование с базовой точкой) \ укажите точку A \ укажите контур.

Вставляем контур из буфера (или вставляем блок):

- вернитесь в окно аксонометрии;
- **Edit** \ **Paste** (Вставить) \ 0,0 — контур установлен в стартовую позицию.

Перемещаем контур и формируем оболочку:

- вновь перейдите на новый слой. Если контур вставляли как блок, то взорвите блок командой `EXPLODE`;
- `extrude` \ укажите контур в его стартовой позиции \ опция **Patch** \ укажите траекторию.

Результат

Оболочка построена (см. рис. 9.15, *г*). Для наглядности разморозьте слой с сетью разметки и убедитесь, что построенная оболочка (являющаяся приближенным решением) с достаточной точностью соответствует сети (точному образу поверхности).

Отсечение оболочки

Выполните его командой `SLICE`. Например, перейдите в окно вида сверху, перенесите начало координат в точку 1_1, поверните ПСК вокруг оси Z на 22.5°, вызовите команду `SLICE` и отрежьте сегмент оболочки плоскостью ZX. Подобным образом, переставляя ПСК, выполните еще два отсечения. В итоге получена секция, показанная на рис. 9.15, *д*.

Остекление

На новом слое командой `SECTION` постройте сечение секции плоскостью, соответствующей плоскости остекления. Заморозьте лишние слои. Установите ПСК по плоскости остекления. Взорвите сечение командой `EXPLODE`, удалите наружную линию контура сечения. Замкните снизу контур и объедините его в `REGION`. Командой `PLINE`, задав толщину 0.5, постройте в плоскости остекления линии этажей и витража.

Размножение секций

Выполните размножение в окне вида сверху командой `ARRAY`, как круговой массив с центром в точке 2, из восьми элементов, в качестве которых задайте секцию и остекление.

Рекомендации по наглядной визуализации сводов

Создайте сетку земли как на рис. 9.15, *ж* (**Draw** \ **Surfaces** \ **3D Surfaces** \ **Mesh**) и обстановку — окружающие здания. Постройте перспективную проекцию (*см. главу 11*). Отключите визуализацию каркаса (*см. разд. 4.3*) и примените команду `HIDE`.

Для фотореалистичной визуализации присвойте поверхностям секций различные материалы по индексу цвета грани (*см. разд. 8.1, 8.6, 9.4*). Назначьте различный цвет элементам остекления секции. Рационально это сделать для одной секции, затем из нее вновь построить свод как массив. Окружающим зданиям также присвойте различные материалы по цвету их граней. Например, следующие материалы:

- для крыши свода и линий остекления возьмите из библиотеки материал ORANGE PLASTIC;
- для среза секций и крыш окружающих зданий — материал GRAY/BLUE PAINT;
- для стекла — WHITE GLAS;
- для "земли" создайте материал, добавив к основному светло-зеленому цвету текстуру сетки grid.tga с долей **Bitmap Blend**, равной 0.120.15. В свойствах этого материала **Adjust Bitmap** задайте режим приложения текстуры как **Tile**, **Fit to Object** (*см. разд. 8.5*). Плотность сетки регулируйте масштабом текстуры **Scale**;
- для стен окружающих зданий подготовьте материал белого цвета;
- для имитации этажности зданий добавьте к материалу текстуру bbody.tga с долей 0.2. Режим приложения текстуры тот же, что для "земли". Этажность упрощенно воспроизводится масштабом текстуры **Scale**.

Схему освещения задайте согласно рекомендациям, приведенным в *разд. 7.4*, *7.5*, *7.6*. Добавьте источник, направленный снизу вверх и освещающий внутреннюю поверхность свода. Задайте фон, например — sky.tga. Для уменьшения контрастности обстановки установите туман. Начальную границу тумана задайте сразу за сводом (*см. разд. 8.7, 8.8*).

Результаты визуализаций — векторный и фотореалистичный — сохраните в растровом формате командой `SAVEIMG` (*см. разд. 8.9*).

9.9. "Невозможные" фигуры

"Невозможность" фигуры, показанной на рис. 9.16, *а*, состоит в том, что три бруска, последовательно примыкающие к концам друг друга и направленные по разным осям декартовой системы координат, тем не менее, образуют

замкнутый треугольник (трехбалочник). Лестница на рис. 9.17, *а* также "странная": поднявшись по ней, оказываешься на прежнем уровне.

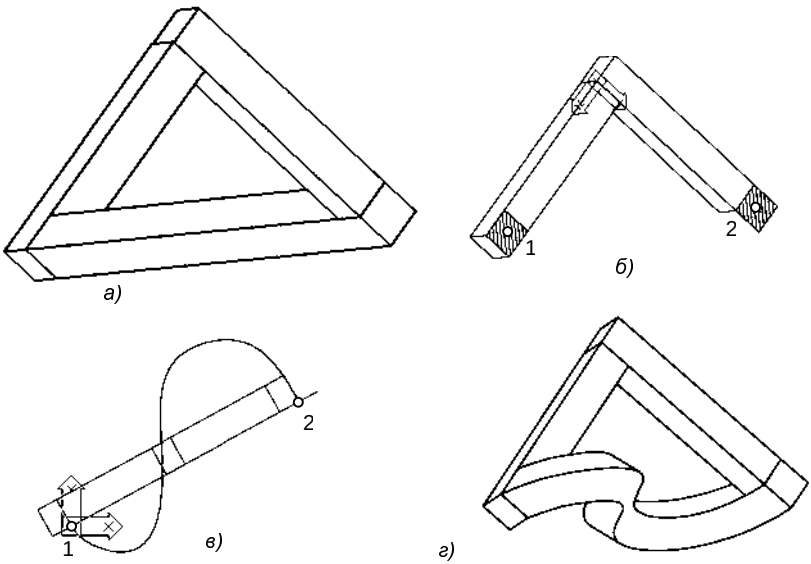


Рис. 9.16. Трехбалочник Р. Пенроуза: *а* — "невозможный" вид; *б*, *в* — построение замыкающего звена; *г* — истинный вид

Известно множество подобных "невозможных" фигур[1]. Однако термин взят нами в кавычки в связи с тем, что при определенных допущениях фигуры становятся пространственно возможными.

Для трехбалочника достаточно допустить, что хотя бы один из его брусков криволинеен, но плоскости кривых ребер на экране вырождаются в прямые линии. Построив два бруска-параллелепипеда, создайте в их общей плоскости два прямоугольника, которые послужат торцами третьего криволинейного бруска (см. рис. 9.16, *б*). Зафиксируйте маркерами центры прямоугольников — точки 1 и 2. Далее потребуются сложные пространственные манипуляции с ПСК и видовой точкой, цель которых — задать и установить на экране плоскость траектории формирования криволинейного бруска:

- `ucs` \ `v` \ `ucs` \ 3 \ объектная привязка **Node** \ указать точку 1 \ фильтр .XY \ объектная привязка **Node** \ указать точку 2 \ "need Z:" — 0 \ `ucs` \ **X** \ −90 \ `plan` \ ПЩ.

[1] Рутесвард О. Невозможные фигуры. М.: Стройиздат, 1990. — 128 с.

Результат

Положение первых двух брусков и ПСК соответствует рис. 9.16, *в*.

Осталось в плоскости текущей ПСК построить сплайн-кривую (команда SPLINE) с конечными точками 1 и 2. Здесь есть технические тонкости, в частности, нужно стремиться, чтобы в конечных точках кривая была перпендикулярна общей плоскости первых брусков. Применив команду EXTRUDE, выдавите один из прямоугольников по полученной траектории.

Секрет построения лестницы раскрыт на рис. 9.17. Плоскость этажа на самом деле, криволинейная цилиндрическая поверхность, образующие которой перпендикулярны плоскости ступеней.

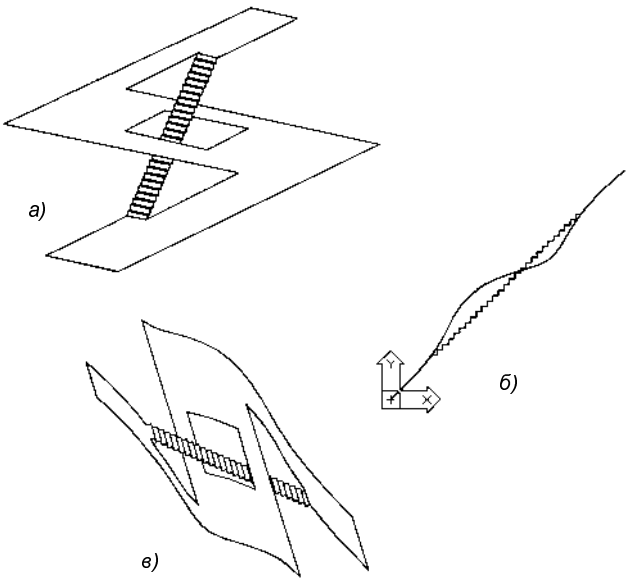


Рис. 9.17. Лестница О. Рутесварда (*а*) и ее секрет (*б, в*)

9.10. Модель корпусной детали

Для построения модели любой детали первоначально необходимо создать ее элементы, как solids-объекты, затем применить к ним рассмотренные выше операции редактирования: сложения, вычитание, сопряжение и т. д.

Приступим к построению модели, приведенной на рис. 9.18. Наружными элементами модели являются основание в виде параллелепипеда, шестигранная призма и примыкающее к нему ребро жесткости.

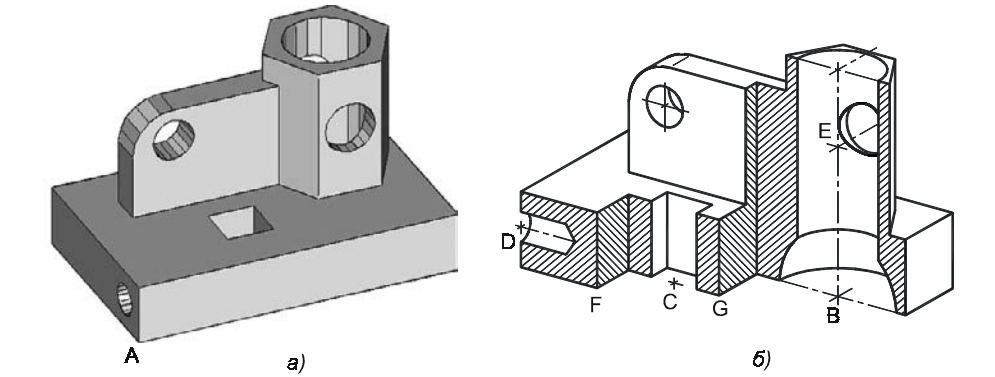


Рис. 9.18. Модель корпусной детали (а) и ее ступенчатого разреза (б)

Внутренние элементы — прямоугольное и цилиндрическое отверстия в основании, вертикальное и горизонтальное цилиндрические отверстия в призме, сферическая ниша в основании, сквозное отверстие в ребре и цилиндрическое сопряжение ребра.

- Настройте среду для построений (*см. разд. 4.1*): в пространстве модели задайте шаг 1, лимиты 0,0 и 100,70 \ отобразите область лимитов на весь экран — **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все), перейдите на лист формата А3 и, удалив дежурное окно, создайте три видовых окна с видами сверху, спереди и аксонометрией. По виду пиктограммы — квадрат в основании — убедитесь, что в окнах аксонометрии и вида сверху установлена единая система координат МСК.

Все построения выполним в окне аксонометрии, контролируя их по изображениям в других окнах:

- перейдите в окно аксонометрии.

Строим наружные элементы

И объединяем их. Основание детали:

- задайте синий цвет в качестве текущего — это будет цвет наружных граней модели;
- `box` \ 0,0 \ 70,44,15 — построен параллелепипед основания.

Шестигранную призму получим выдавливанием шестиугольника:

- в окнах аксонометрии и сверху командами `ZOOM` и `PAN` отрегулируйте положение объекта, добившись, чтобы пиктограмма осей разместилась в точке А;
- `ucs` \ `Origin` \ 55,29 — начало координат перенесено в точку В;

- `polygon` \ количество сторон задайте равным 6 \ центр в точке (0,0) \ `I` (**Inscribed** — вписанный в окружность) \ радиус окружности равен 11.5 — построен шестиугольник;
- `extrude` \ укажите шестиугольник \ ПЩ \ высота равна 45 \ конусность 0 — выдавлена призма.

Вертикальное ребро жесткости, примыкающее к призме:

- `box` \ −44, −3.5, 15 \ 0,3.5,38 — построен параллелепипед ребра.

Объединяем наружные элементы:

- `union` \ укажите основание, призму и ребро \ ПЩ — объекты объединены.
- командой `3DORBIT` осмотрите объект со всех сторон.

Внутренние элементы

Для вертикального цилиндрического отверстия и сферической ниши создаем цилиндр и сферу и вычитаем их из объекта наружной формы. Построения выполняем относительно ПСК, ранее перенесенной в точку B:

- измените текущий цвет на зеленый — это будет цвет отверстий;
- `cylinder` \ центр в точке 0,0 \ радиус равен 9 \ высота 46 (с запасом);
- `sphere` \ центр в точке 0,0 \ радиус 13;
- `subtract` \ укажите основание \ ПЩ \ укажите вычитаемые цилиндр и сферу \ ПЩ;
- `3dorbit` — осмотрите объект, убедитесь в правильности выполнения отверстий.

Прямоугольное отверстие в основании получим вычитанием параллелепипеда:

- `ucs` \ ПЩ — восстановлена МСК \ `ucs` \ **Origin** \ 28,17 — начало координат перенесено в точку C (см. рис. 9.18, *б*);
- `box` \ −5, −5 \ 5,5,20 — построен параллелепипед по размерам отверстия, высота задана с запасом;
- `subtract` \ укажите основание \ ПЩ \ укажите параллелепипед \ ПЩ.

Горизонтальное цилиндрическое отверстие центром в точке D (см. рис. 9.16, *б*) создадим вычитанием тела вращения. Контур вращения воспроизводит форму отверстия "из-под сверла", т. е. с коническим завершением. Контур построим замкнутой полилинией:

- `ucs` \ ПЩ — восстановлена МСК \ `ucs` \ **Origin** \ 0,7,9 — начало координат перенесено в точку C;
- `pline` \ 0,−3 \ @10,0 \ 12,0 \ 0,0 \ `Cl` (замкнуть) — построен контур вращения;

- `revolve` \ укажите контур \ ПЩ \ укажите опцию **X** (ось вращения) \ ПЩ;
- `subtract` \ укажите основание детали \ ПЩ \ укажите вычитаемый объект вращения \ ПЩ.

Для выполнения горизонтального отверстия в призме, проходящего через точку E, и отверстия в ребре (см. рис. 9.16, *б*), установим ПСК в точку B, повернем систему координат вокруг оси *X* на 90° и в этой ПСК построим два цилиндра:

- `ucs` \ **Origin** \ с объектной привязкой **Center** укажите центр сферы \ `ucs` \ **X** \ 90;
- `cylinder` \ центр в точке 0,30,−15 \ радиус равен 5 \ высота 30;
- `cylinder` \ центр −36,30,−15 \ радиус 3 \ высота 30.
- `subtract` \ укажите призму \ ПЩ \ укажите вычитаемые цилиндры.

Цилиндрическое сопряжение двух граней ребра жесткости:

- `fillet` \ укажите сопрягаемое ребро на аксонометрическом изображении \ радиус 9 \ ПЩ \ ПЩ.

Модель построена. Визуализируйте ее в режиме закраски и осмотрите со всех сторон.

Объемная модель ступенчатого разреза

Выполним два продольных и два поперечных разреза модели (см. рис. 9.18, *б*), удалим сегменты, расположенные перед плоскостями разреза, и объединим оставшиеся сегменты, восстановив единый solid-объект. Чтобы сохранить исходную модель, предварительно сделайте дубликат файла или скопируйте модель на новый слой, который заморозьте.

- Установите текущим красный цвет — это будет цвет сечений, восстановите МСК.

Выполним три продольных рассечения модели плоскостью, параллельной плоскости *ZX*:

- `slice` \ укажите модель \ ПЩ \ **ZX** \ укажите точку D (привязка **Center**) \ укажите (привязка **Endpoint**) точку на той части модели, которую нужно оставить, например, один из дальних углов основания;
- `slice` \ укажите модель \ ПЩ \ **ZX** \ укажите точку C или задайте ее координаты \ **Both** (Обе) — оставить обе части модели;
- `slice` \ укажите модель \ ПЩ \ **ZX** \ укажите (привязка **Center**) центр сферы \ **Both**.

В итоге деталь разделена на три продолных сегмента. Выполним два поперечных реза. Точки F и G, задающие положение секущей плоскости, можно задать, как на рис. 9.18, *б*:

- `slice` \ укажите ближний сегмент \ ПЩ \ **YZ** \ укажите точку F \ укажите какую-либо точку слева от точки F, например, левый дальний угол основания;
- подобным образом разрежьте средний сегмент, указав точку G;
- командой `UNION` объедините оставшиеся сегменты;
- визуализируйте модель.

Для выполнения объемной штриховки нужно установить ПСК в плоскость сечения. Это можно сделать по трем точкам с объектной привязкой **Endpoint**. Для solid-объектов (как в нашем примере) удобно применить опцию **Face**, которая размещает плоскость *XOY* по ближайшей к наблюдателю плоскости, указанной курсором:

- **Tools** \ **New Ucs** \ **Face** или укажите кнопку \ укажите любую точку плоскости, подлежащей штриховке, — ПСК установлена в эту плоскость;
- выполните штриховку плоскости в режиме **User** с шагом 1 под углом 45°;
- переставляя ПСК, выполните штриховку всех плоскостей, задавая направление штриховки сопряженных граней встречно ("елочкой").

9.11. Определение характеристик объекта

Предусмотрена возможность определения основных массо-инерционных характеристик плоских и пространственных объектов: площадь, объем, периметр, центр тяжести, моменты инерции. Так, "любители сопромата" могут легко определить моменты инерции и координаты центра тяжести сечения балки, имеющей любой контур. Достаточно построить контур и перевести его в единый объект типа `REGION`. Все характеристики вычисляются относительно текущей ПСК. Можно определить площадь и параметры произвольного сечения solid-объекта любой сложности.

Постройте куб со стороной 10 и на его примере протестируйте команды `AREA` и `MASSPROP`:

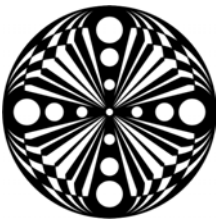
- `box` \ 0,0,0 \ 10,10,10;
- **Tools** \ **Inquiry** (Измерения) \ **Area** (Площадь) \ укажите объект — площадь поверхности построенного куба равна, очевидно, 600 единиц — шесть граней по 100. Если под единицей измерения подразумевается мм, то результат получен в мм^2;

- **Tools** \ **Inquiry** \ **Mass Properties** (Свойства массы) \ укажите куб — выданы его массо-инерционные характеристики: объем равен 1000 (мм^3), центр тяжести имеет координаты 5,5,5 (мм).

Определите характеристики детали, построенной в предыдущем разделе (рис. 9.18, *а*):

- установите ПСК по плоскости основания с началом в точке A. Площадь поверхности детали составляет 15 601 мм^2, а объем 46 240 мм^3. Габариты по оси *X*: 0.00 — 70.00, по *Y*: 0.00 — 44.00, по *Z*: 0.00 — 45.00. Центр тяжести находится в точке *X*: 33.46, *Y*: 22.54, *Z*: 10.82 и т. д. Все эти и многие другие данные выведены в текстовом окне и могут быть сохранены в файл;
- определите объем модели после выполнения объемного разреза. Объем снизился до 26 808 мм^3, возможен разброс значений, связанный с произвольным положением точек F и G;
- сопоставьте полученные вами результаты с приведенными и оцените точность выполненных построений.

Глава 10



3D-технология построения чертежа

По 3D-технологии сначала создается пространственная solid-модель объекта (*см. гл. 9*). Это может быть модель машиностроительной детали, узла, архитектурного сооружения. Затем в автоматическом режиме получают проекции solid-модели — виды, разрезы и сечения. Пользователь должен лишь определить, какие изображения должен содержать чертеж, и применить соответствующие команды.

В данной главе рассмотрены основы 3D-технологии на примере выполнения чертежа несложной корпусной детали (рис. 10.1). Построение solid-модели этой детали изложено в *разд. 9.10* (см. рис. 9.18). Покажем, как по предварительно полученной модели построить изображения, образующие ее чертеж: вид сверху, фронтальный ступенчатый разрез А-А, наклонное сечение Б-Б, профильный разрез В-В и аксонометрию.

В AutoCAD предусмотрено два варианта построения чертежа solid-модели. Первый — применением команды `SOLPROF`, которая построит нужную проекцию, содержащую все линии видимого и невидимого контура. Сформировать из них вид, разрез или сечение необходимо самому. Второй вариант — совместное применение команд `SOLVIEW`, `SOLDRAW`. Этот вариант позволяет в полной мере построить любой вид или простой разрез со штриховкой сечения. Далее на этой основе, уже самому, можно "смонтировать" изображения, образующие сложные разрезы, или изображения, совмещающие виды и разрезы.

Более полное изложение методов 3D-технологии построения чертежа можно найти в работе [8]. В AutoCAD имеется справочная информация по указанным командам и методам построения чертежа.

- Откройте файл, содержащий solid-модель детали, или постройте несложную модель, для которой будете создавать чертеж. Выведите панель инструментов **Solids** (см. рис. 4.2).

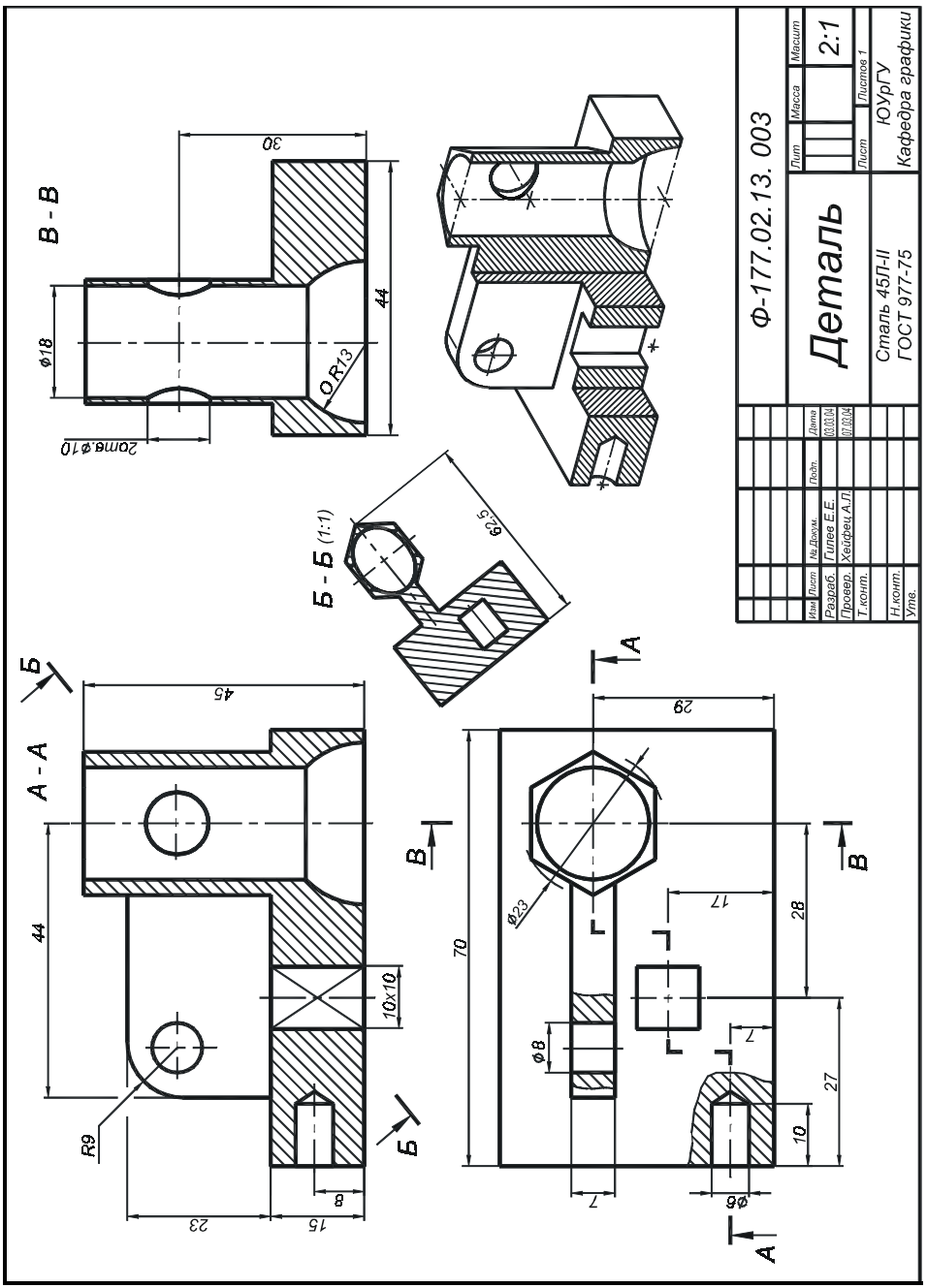
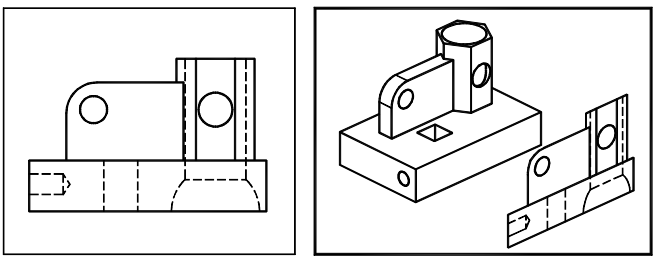


Рис. 10.1. Учебный чертеж детали

10.1. Построение проекций командой *SOLPROF*

Команда SOLPROF проецирует solid-модель на плоскость, параллельную плоскости экрана. Рассмотрим пример, поясняющий действие этой команды.

- На свободном месте листа командой VPORTS создайте видовое окно и установите в нем вид спереди — в окне видна модель (рис. 10.2, *а*). Перейдите в это окно — в нем должен перемещаться курсор.
- Изменяя масштаб отображения и панорамируя изображение, добейтесь, чтобы модель занимала основную часть окна.



а) *б)*

Рис. 10.2. Пояснения к команде SOLPROF:
а — фронтальная проекция модели;
б — размещение проекции относительно модели

Введите имя команды SOLPROF или укажите **Draw** \ **Solids** \ **Setup** \ **Profile,** или кнопку панели инструментов **Solids**:

- solprof или укажите кнопку \ укажите модель \ ПЩ \ согласитесь с предложениями системы (три раза).

Результат

*П*роекция построена, ее линии совпадают с контуром исходной модели.

Для понимания того, как формируется проекция модели, выполните следующий эксперимент.

- Сделайте копию видового окна, расположив его рядом (см. рис. 10.2). Копирование выполняется в пространстве листа. Объектом копирования является рамка окна. Установите в окне аксонометрический вид (одну из изометрий).

В окне аксонометрии видно созданную проекцию и исходную модель. В зависимости от текущей ПСК проекция может быть расположена перед моделью, как на рис. 10.2, *б*, пересекать модель или быть за моделью.

- Вернитесь в видовое окно, в котором была создана проекция. Откройте диалоговое окно управления слоями (командой LAYER или с панели инструментов **Standard** (Стандартная)).

Среди ранее созданных слоев появились два новых слоя, которые создала система. Имя одного слоя начинается на "PV-", например, PV-5A, на него помещены линии видимого контура (V — visual, видимый). Второй слой начинается на "PH-" — это слой для невидимых (H — hidden, скрытый) линий. В имени каждого слоя после разделительной черты указана так называемая метка окна, которую можно посмотреть командой LIST, указав рамку окна.

- Избирательно заморозьте слой, на котором находится исходная модель — в окне остались только линии построенной проекции.
- Измените цвет слоя PH — невидимый контур выделен этим цветом, что существенно повышает наглядность проекции.

Установив на слой PH прерывистую линию, например, *hidden*, получите изображение, на котором невидимые линии показаны штриховыми, как это принято в черчении (если штрихи не появились, отрегулируйте масштаб линии, *см. разд. 2.11*). Если линию *hidden* загрузить до первого применения команды SOLPROF, то эта линия автоматически устанавливается на слой PH данного окна, и невидимые линии сразу получаются прерывистыми.

Команда SOLPROF формирует блоки линий, то есть объединяет их в одно целое. Поэтому позднее, после компоновки чертежа, изображения необходимо расчленить командой EXPLODE.

Для построения проекции в другом окне (для другого вида) нужно активизировать это окно, вновь выполнить команду SOLPROF и заморозить модель в этом окне. Для окна будет создана новая пара слоев.

10.2. Команды *SOLVIEW* и *SOLDRAW*. Построение видов

Команды SOLVIEW и SOLDRAW (в сравнении с командой SOLPROF) расширяют возможности построения проекций, в частности, позволяют автоматически получить не только виды, но и разрезы со штриховкой сечений. Так же, как и команда SOLPROF, они создают в видовом окне проекцию модели, а саму модель "замораживают".

Последовательность применения команд следующая. На листе должно быть подготовлено (создано или выбрано из ранее созданных) исходное видовое окно. На его основе командой SOLVIEW создают специальное видовое окно с

требуемыми свойствами. Таким свойством может быть вид в плане ПСК, ортогональный вид, разрез или дополнительный вид. В полученном окне проекция или разрез еще не отображаются, а видна исходная модель с заданным направлением проецирования. Далее командой SOLDRAW изображение в специальном окне преобразуют до требуемого вида или разреза.

Команды SOLVIEW и SOLDRAW можно вызвать из меню **Draw** \ **Solids** \ **Setup** или кнопками панели инструментов **Solids**.

Исходное видовое окно

Исходное — это видовое окно, на основе которого командой SOLVIEW создается окно со специальными свойствами. В качестве исходного можно взять обычное окно, оставшееся после построения модели, или специальное окно от предыдущего применения команды SOLVIEW.

Рекомендуем для создания чертежа перейти на новый чистый лист, и на нем создать исходное окно вида сверху. Размеры исходного окна следует задать так, чтобы в нем модель отобразилась в масштабе, близком к масштабу формируемого чертежа.

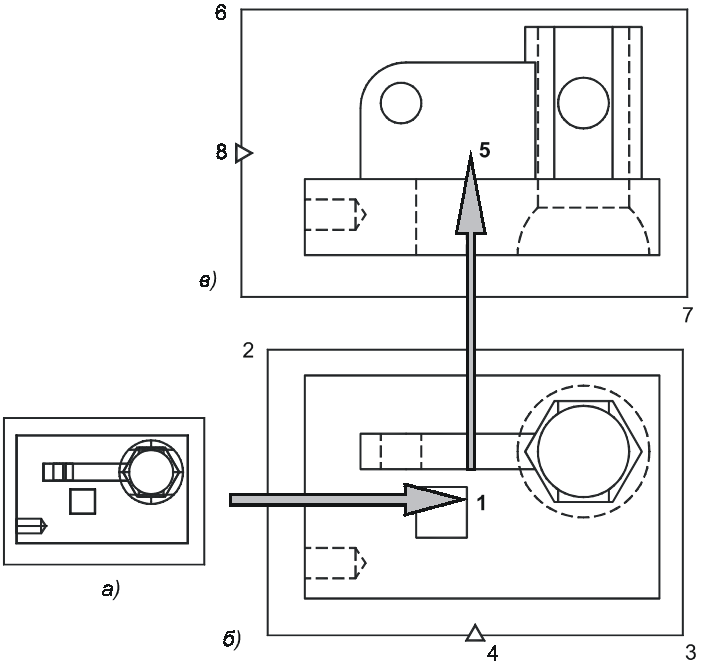


Рис. 10.3. Схема построения видов сверху и спереди:
а — исходное видовое окно; *б*, *в* — специальные окна, созданные командами SOLVIEW и доведенные командой SOLDRAW

В рассматриваемом примере модель имеет размеры в плане 70×44. С учетом размеров и сложности модели предполагается масштаб чертежа 1:1 или 2:1 (масштаб уточним позднее при компоновке чертежа). Поэтому в качестве исходного можно создать окно вида сверху с размерами ориентировочно 90×60 или 150×90 (размеры берутся с некоторым запасом). Остановимся на первом варианте:

- перейдите на второй лист, указав **Layout2**. Можете создать новый лист (*см. разд. 6.2*). Выполните настройки листа, т. е. удалите дежурное видовое окно, настройте лимиты по формату А3 и отобразите их на экран (*см. разд. 4.1*);
- **View** (Вид) \ **Viewports** (Видовые окна) \ **1 Viewport** (1 видовое окно) \ укажите на экране левый нижний угол окна \ @90,60;
- установите в новом окне вид сверху и систему координат МСК. Отрегулируйте изображение так, чтобы модель занимала основную часть окна (рис. 10.3, *а*), задайте масштаб отображения равным 1 (*см. разд. 6.5*), применив команду: `zoom` \ **Scale** (Масштаб) \ **1xp**.

Вид в плане ПСК

В качестве примера вида в плане ПСК построим вид сверху. Сначала командой `SOLVIEW` с опцией **Ucs** создадим специальное окно, затем командой `SOLDRAW` придадим ему свойство вида в плане. Зададим масштаб чертежа 2:1 — повторим, что это решение некритично, ибо масштаб может быть легко изменен на любом этапе построения чертежа:

- создайте запас пространства на листе, последовательно указав и , например, справа от исходного окна, достаточный для размещения проекций чертежа;
- перейдите в исходное окно и еще раз убедитесь, что в нем установлена МСК;
- `solview` или укажите \ `U` (опция **Ucs**) \ ПЩ — т. е. текущая ПСК \ задайте масштаб 2 \ укажите курсором положение центра вида (точка 1, см. рис 10.3, *б*) — появилось изображение модели относительно указанной точки, его можно перемещать, указывая новое положение точки 1 \ ПЩ — зафиксируйте положение нового окна \ создайте рамку видового окна, указав два противоположных угла рамки, точки 2 и 3 \ присвойте окну имя, например, top \ ПЩ.

Результат

Создано специальное видовое окно. В нем видна модель, дан вид сверху.

Команда SOLVIEW создает четыре новых слоя. Первый — слой *Vports*, на него команда помещает рамки своих видовых окон. Имена остальных трех слоев содержат имя вида, присвоенное окну при его создании, и один из префиксов: *DIM* — для простановки размеров, *HID* — для линий невидимого контура, *VIS* — для видимых линий. Слои разморожены в соответствующем им окне и избирательно заморожены в других окнах. В нашем примере созданы слои с именами *top-VIS*, *top-HID*, *top-DIM*. Созданные слои можно посмотреть в окне управления слоями, например, командой LAYER.

"Доведем" полученное специальное окно, т. е. построим в нем вид сверху как проекцию детали:

- soldraw или укажите \ укажите рамку окна вида сверху, созданного командой SOLVIEW \ ПЩ.

  Результат

  В окне построена проекция — вид сверху. Слой с пространственной solid-моделью в окне избирательно заморожен. Линии проекции разнесены по вновь созданным слоям.

- Присвойте слою *HID* линию *hidden* (*см. разд. 2.12*) — линии невидимого контура показаны прерывистыми (см. рис. 10.3, *б*). Можно заморозить слой *HID*, тогда на проекции останутся только видимые линии.

После загрузки линии *hidden* она впоследствии будет автоматически устанавливаться на вновь создаваемые слои типа *HID*.

Любой вид может быть получен как вид в плане соответствующей ПСК. Например, вид спереди можно получить по рассмотренному выше алгоритму, если в качестве исходного взять окно вида спереди, в котором ПСК установлена по виду этого окна.

Ортогональные виды

Опция **Ortho** команды SOLVIEW формирует окно ортогонального вида. Ортогональность задается по отношению к виду исходного окна. Построим вид спереди как ортогональный, взяв за основу окно вида сверху. Это может быть исходное окно или только что построенное специальное окно (см. рис. 10.3, *б*):

- перейдите в исходное окно — в данном примере в одно из окон вида сверху;
- solview \ O (опция **Ortho**) \ укажите нижнюю рамку окна вида сверху — появился маркер точки 4 \ переместите курсор вверх и укажите точку 5 как положение центра нового окна — возникло изображение вида спереди (можно повторно указать его положение) \ ПЩ — зафиксируйте по-

ложение нового окна \ укажите точки 6 и 7 как углы видового окна \ задайте имя вида, например, *front* \ ПЩ;

Результат

Построено специальное окно вида спереди. Завершаем построение.

- `soldraw` или укажите \ укажите рамку окна вида спереди, созданного командой `SOLVIEW` \ ПЩ.

Результат

Построен вид спереди (см. рис. 10.3, *в*), исходная модель заморожена. Линии распределены по новым слоям — это слои *front-VIS* и *front-HID*. Создан также слой *front-DIM* для простановки размеров в окне.

Подобным образом с применением опции **Ortho** создаются окна других ортогональных проекций. Например, чтобы получить специальное окно вида слева, нужно (см. рис. 10.3, *в*) в качестве исходного взять окно вида спереди, указать левую границу рамки этого окна — возникнет маркер точки 8, переместить курсор вправо и далее повторить действия при создании вида спереди.

10.3. Простые разрезы

Напомним, что *простым* называется разрез, полученный одной секущей плоскостью. Разрез должен содержать сечение данной плоскостью, заштрихованное в соответствии с материалом детали, и линии контура, расположенные за секущей плоскостью. Разрез создается командой `SOLVIEW` с опцией **Section** с последующим применением команды `SOLDRAW`.

Команда `SOLDRAW` использует текущий тип штриховки, т. е. последний из ранее примененных. Рекомендуем предварительно задать тип штриховки, соответствующий металлу. Для этого введите из командной строки:

- `hpname` — это имя системной переменной, задающей тип штриховки \ **ansi31**.

В качестве примера построим разрез В-В (см. рис. 10.1). Чтобы задать секущую плоскость, в качестве исходного окна следует взять окно вида спереди или окно фронтального разреза (если к этому моменту он был создан). Секущая плоскость определяется точками 1 и 2 (рис. 10.4, *а*). Точка 1 может быть указана как центр отверстия. Точку 2 можно задать в режиме **ORTHO** как произвольную точку вертикальной линии 1-2. Создаем специальное окно:

- перейдите в исходное окно вида спереди;
- `solview` \ `S` (опция `Section`) \ первая точка секущей плоскости — перейдите в окно вида спереди и укажите точку 1 (как центр отверстия с привязкой **Center**) \ вторая точка — включите режим **ORTHO** и укажите точ-

ку 2 \ переместите курсор влево и укажите точку 3, определяющую направление проецирования слева направо \ задайте масштаб новой проекции равным 2 \ переместите курсор вправо и укажите точку 4 как центр новой проекции \ ПЩ — зафиксируйте положение нового окна \ укажите точки 5 и 6 как углы видового окна \ задайте имя разреза, например, *s_left* \ ПЩ;

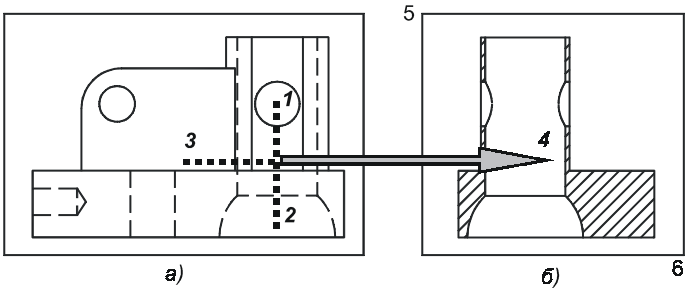


Рис. 10.4. Построение профильного разреза:
а — задание секущей плоскости в исходном окне; *б* — построенный разрез

Результат

Создано специальное окно вида слева, в котором видна пространственная модель. Завершаем построение разреза.

- `soldraw` \ укажите новое окно \ ПЩ.

Результат

Получен разрез (см. рис. 10.4, *б*). Сечение заштриховано. Штриховка помещена на слой с префиксом *HAT* — это еще один новый слой, который в дополнение к трем ранее рассмотренным слоям создается командой `SOLVIEW` при построении разрезов.

Если тип и параметры штриховки не соответствуют материалу детали, выполните ее корректировку:

- **Modify** \ **Object** (Объект) \ **Hatch** (Штриховка) \ укажите штриховку и в возникшем диалоговом окне задайте ее параметры.

10.4. Наклонное сечение. Дополнительный вид. Аксонометрия

На рис. 10.5 показано построение истинного вида наклонного сечения Б-Б (см. рис. 10.1). Поскольку секущая плоскость в данном примере фронтально

проецирующая, то исходным является окно вида спереди. Последовательность действий та же, что при выполнении простого разреза:

- перейдите в окно вида спереди (см. рис. 10.5, *а*) и установите начало координат в точку А. Это позволит задать координаты точек 1 и 2, определяющих положение секущей плоскости;

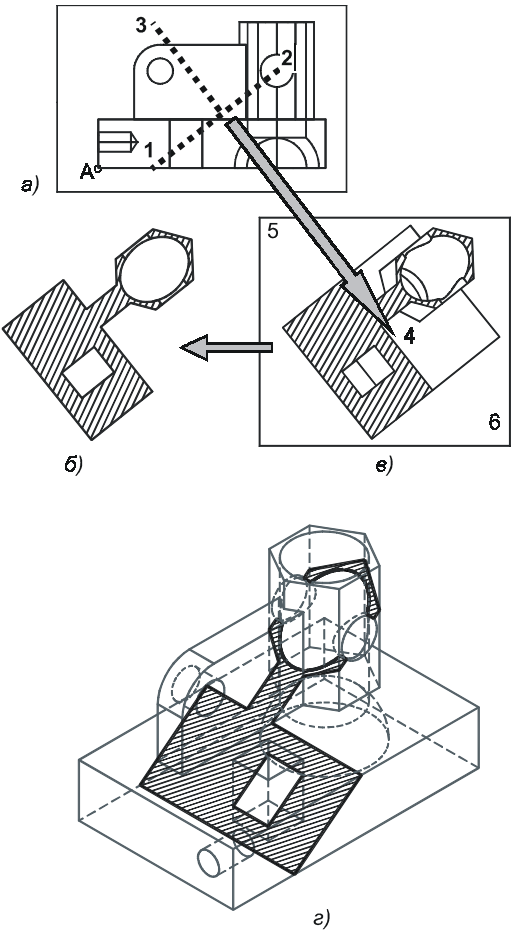


Рис. 10.5. Построение наклонного сечения: *а* — исходное окно и задание секущей плоскости; *б* — наклонное сечение; *в* — наклонный разрез как промежуточное изображение; *г* — пространственное положение сечения

- `solview` \ **Section** \ первая точка секущей плоскости — введите координаты точки 1 (в нашем примере 17.5,0) или укажите ее \ введите координаты точки 2 (в нашем примере можно в качестве этой точки указать центр

окружности, привязка **Center**) \ укажите точку 3, определяющую направление проецирования \ задайте масштаб сечения равным 1 \ укажите точку 4 как центр нового окна \ ПЩ — зафиксируйте положение окна \ укажите точки 5 и 6 как углы видового окна \ задайте имя вида, например, *sect* \ ПЩ — создано окно для получения сечения;

- `soldraw` \ укажите новое окно — получен разрез детали плоскостью 1—2 (см. рис. 10.5, *в*);
- при необходимости скорректируйте параметры штриховки;
- удалите линии контура, расположенные за секущей плоскостью, — сечение построено (см. рис. 10.5, *б*).

На рис. 10.5, *г* показано пространственное положение фигуры сечения. Рекомендуем получить это изображение, наглядно поясняющее действие команд проецирования:

- скопируйте окно сечения на свободное место листа; разморозьте в нем слой, на котором находится исходная solid-модель, и установите аксонометрическую точку зрения.

Если плоскость сечения не проецирующая, то необходимо в исходном видовом окне задать вид, при котором плоскость станет проецирующей, и выполнить приведенные выше действия.

Помимо рассмотренного алгоритма наклонное сечение solid-модели любой плоскостью можно построить командой `SECTION` (*см. разд. 9.3*).

На рис. 10.6, *а* показана модель, на чертеже которой требуется построение дополнительного вида А, передающего истинную форму паза типа "ласточкин хвост". Для создания дополнительного вида следует применить команду `SOLVIEV` с опцией **Auxiliary** (Внешнее), взяв в качестве исходного видовое окно (рис. 10.6, *б*), в котором можно двумя точками задать плоскость проецирования 1-2 и направление проецирования — точку 3. Действия те же, что при построении наклонного сечения. После применения команды `SOLDRAW` получен дополнительный вид (рис. 10.6, *в*). Удалив "лишние" линии, получаем истинный вид контура паза (рис. 10.6, *г*).

Для построения аксонометрической проекции (см. рис. 10.1) командами `VIEW` или `3DORBIT` установите вид, обеспечивающий наглядное отображение модели, и примените к видовому окну команду `HIDE`. В частности, можно задать стандартную изометрию или диметрию (*см. разд. 4.4*). В ряде случаев этим можно ограничиться, поместив видовое окно в область рамки чертежа.

Для оформления изображения в соответствии с требованиями чертежа (придания различной толщины линиям, построения аксонометрических осей, более простого вывода на печать) следует спроецировать модель на плоскость чертежа. В окне аксонометрии установите ПСК по виду окна, примените команду `SOLVIEW` с опцией **Ucs**, затем к созданному специаль-

ному окну примените команду SOLDRAW. Можно с успехом применить команду SOLPROF.

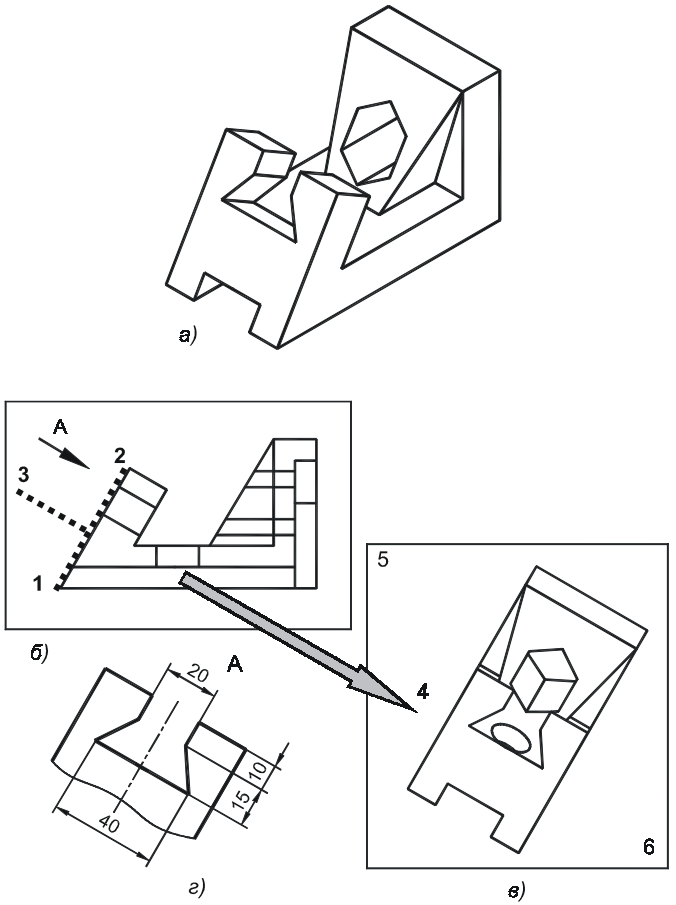


Рис. 10.6. Построение дополнительного вида: *а* — модель; *б* — исходное окно и задание направления проецирования; *в* — дополнительный вид; *г* — фрагмент вида

Чтобы построить аксонометрическую проекцию с разрезом, следует выполнить этот разрез на объемной модели со штриховкой сечений (см. рис. 9.18, *б*) и построить проекцию этой модели. Параметры штриховки на чертеже можно определить как проекции угла и шага объемной штриховки. Для этого на листе проводят два отрезка, совпадающих с двумя соседними линиями штриховки, отображаемой из пространства модели, затем измеряют угол наклона отрезков и расстояние между ними. После этого можно штриховать сечения на чертеже, задав найденные параметры штриховки.

10.5. Совмещенные изображения

Совмещение выполняют с целью повышения информативности изображений и сокращения их количества на чертеже. На рис. 10.7 приведен пример построения изображения, совмещающего половину вида слева с половиной профильного разреза для модели, показанной на рис. 10.6, *а*. Последовательность построений следующая:

- постройте изображение вида и разреза, каждое в своем видовом окне (см. рис. 10.7, *а*). Заморозьте слои невидимых линий;
- в одном из окон *на новом слое* проведите линию совмещения вида и разреза, как правило, это осевая линия, она должна появиться и в другом окне;

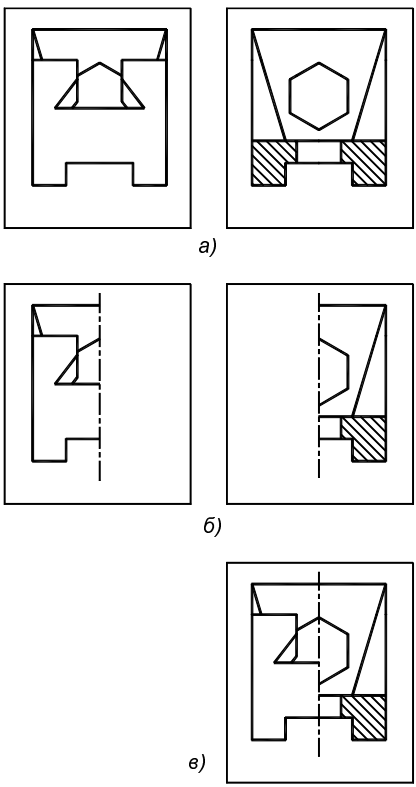


Рис. 10.7. Совмещение половины вида и половины разреза:
а — окна вида и разреза; *б* — удаление половины вида и половины разреза в соответствующих окнах; *в* — совмещение изображений при размораживании слоев

- в окне вида удалите линии справа от оси, а в окне разреза — слева (см. рис. 10.7, *б*). Штриховку разреза придется стереть;
- в окне разреза разморозьте слой с линиями видимого контура вида — получено совмещенное изображение (см. рис. 10.7, *в*);
- заново выполните штриховку на половине разреза.

10.6. Сложные разрезы

Сложным разрезом называют изображение, получаемое при мысленном рассечении детали *несколькими* плоскостями. 3D-технология позволяет сформировать изображение как совмещенное, составленное из фрагментов простых разрезов, получаемых каждой из секущих плоскостей в отдельности.

Ступенчатый разрез

Рассмотрим пример построения ступенчатого разреза А—А, выполненного тремя параллельными плоскостями (см. рис. 10.1):

- командами `SOLVIEW` и `SOLDRAW` постройте простые разрезы каждой секущей плоскостью отдельно. Для каждого разреза создайте видовое окно, как показано на рис. 10.8, *а*;
- создайте новый слой. На нем в одном из окон проведите вертикальные разделительные линии в соответствии с границами простых разрезов — "ступенями" выполняемого разреза. В нашем примере это две разделительные линии. Поскольку слой этих линий разморожен, линии видны во всех окнах простых разрезов (см. рис. 10.8, *б*);
- применяя команды редактирования, оставьте в каждом окне необходимую часть простого разреза. Штриховку всех разрезов удалите;
- в одном из окон простых разрезов разморозьте слои видимых линий, соответствующие остальным видовым окнам. Например, если были созданы окна с именами *s1*, *s2*, *s3* и за основу взято окно *s1*, то нужно в данном окне разморозить слои *s2-VIS* и *s3-VIS*;
- заново выполните штриховку — получится комбинированное изображение, образующее сложный ступенчатый разрез (см. рис. 10.8, *в*).

Обратите внимание на особенность выполненного разреза. В нем одна из секущих плоскостей проходит вдоль ребра жесткости. Согласно требованиям к оформлению чертежа область ребра не заштрихована.

Целесообразно перенести линии контура комбинированного изображения на один слой, например, *s1-VIS*. Окна простых разрезов *s2* и *s3* можно стереть. Командой `PURGE` можно удалить из файла освободившиеся слои.

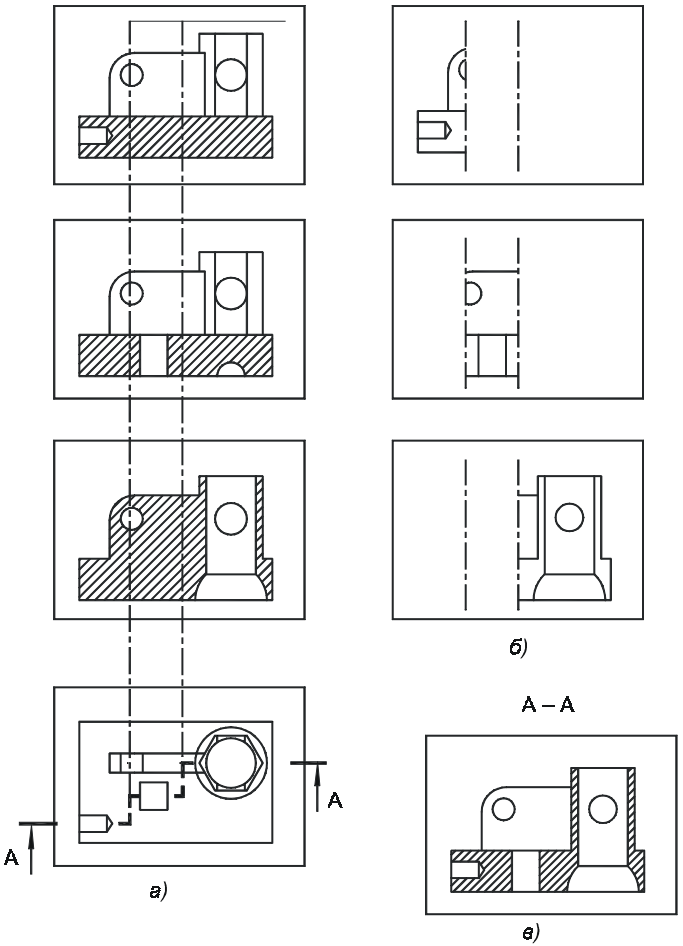


Рис. 10.8. Схема построения ступенчатого разреза:
а — исходное окно и три простых разреза;
б — удаление лишней части в окнах простых разрезов;
в — совмещение изображений при размораживании слоев

Ломаный разрез

На рис. 10.9 показана деталь, для которой на чертеже рекомендуется выполнить сложный ломаный разрез. Изображение этого разреза (рис. 10.10, *а*) формируется из двух простых разрезов, заданных на виде сверху ломаной линией А-А (рис. 10.10, *б*).

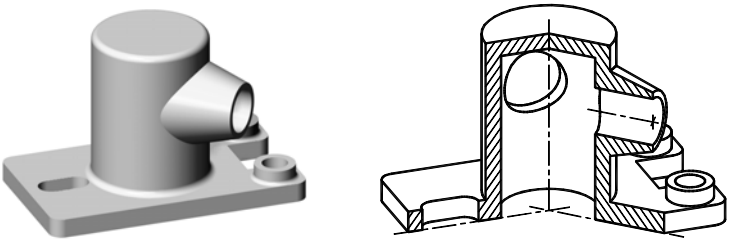


Рис. 10.9. Деталь, характерная для построения ломаного разреза

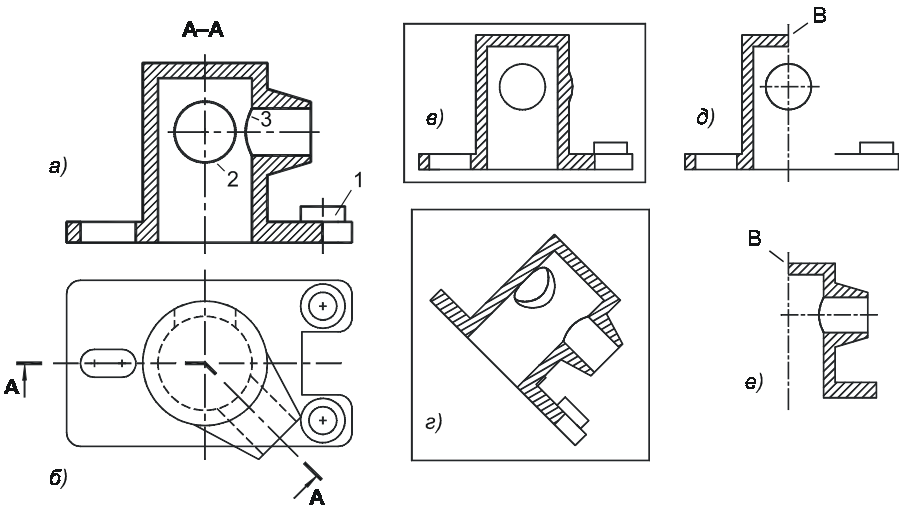


Рис. 10.10. Построение ломаного разреза:
а — разрез; *б* — секущие плоскости; *в*, *г* — окна простых разрезов;
д, *е* — вынос простых разрезов на лист, удаление лишних линий
и поворот изображений для совмещения

Напомним основные особенности выполнения ломаного разреза, предусмотренные стандартом черчения.

Во-первых, сечения поворачивают так, чтобы они стали параллельными плоскости вида. В нашем примере левая секущая плоскость параллельна виду спереди, разрез этой плоскостью строится в непосредственной проекционной связи с видом спереди. Правая плоскость расположена под углом к виду спереди. Сечение этой плоскостью предварительно поворачивают вокруг линии пересечения секущих плоскостей до положения, параллельного плоскости вида спереди, и только после этого наносят на изображение разреза.

Во-вторых, элементы, расположенные за секущей плоскостью, показывают в непосредственной проекционной связи. Исключение составляют линии, которые относятся к рассекаемому элементу, их поворачивают вместе с сечением этого элемента. Так, цилиндрические "бобышки" 1 и часть основания детали расположены за правой секущей плоскостью; поэтому они показаны в проекционной связи, без поворота. Окружность цилиндрического отверстия 2, расположенная за секущими плоскостями, также показана без поворота. Однако гипербола 3, являющаяся проекцией линии пересечения рассекаемых цилиндрических отверстий, поворачивается вместе с проекцией отверстия.

Приведем последовательность построения ломаного разреза средствами 3D-технологии.

- Командами `SOLVIEW` и `SOLDRAW` постройте простые разрезы заданными секущими плоскостями. В качестве исходного берется окно, в котором задано положение секущих плоскостей. В нашем примере исходным является окно вида сверху. Видовое окно на рис. 10.10, *в* соответствует левой секущей плоскости, окно на рис. 10.10, *г* — правой плоскости.

Ломаный разрез получим как комбинированное изображение из простых разрезов. "Монтаж" изображений можно выполнить в видовом окне или на листе (*см. разд. 10.7*). Рассмотрим вариант, основанный на выносе проекций на лист:

- вынесите изображения простых разрезов на лист. Удалите штриховку сечений;
- на разрезе, соответствующем левой плоскости, удалите часть сечения, расположенную справа от оси цилиндра (см. рис. 10.7, *д*);
- разрез правой плоскостью поверните так, чтобы его основание стало горизонтальной линией. Для поворота примените команду `ROTATE` с опцией **Reference**. Удалите часть изображения, расположенную слева от оси цилиндра, а также линии контура, расположенные за секущей плоскостью, кроме гиперболы (см. рис. 10.7, *е*);
- применив команду `MOVE`, совместите полученные фрагменты простых разрезов. В качестве опорной точки для совмещения можно взять точку B (см. рис. 10.7, *д, е*);
- выполните окончательную штриховку разреза.

10.7. Завершение 3D-чертежа

Имеется ряд особенностей завершения чертежа, выполняемого по 3D-технологии, в отличие от обычного 2D-чертежа.

Вынос проекций на лист

По 3D-технологии каждое из изображений, образующих чертеж, формируется в своем видовом окне. В итоге чертеж представляет собой набор видовых окон. Это основной вариант создания чертежа. Его недостатками являются неудобство работы в разных видовых окнах при простановке размеров, формировании сложных разрезов, компоновке сложных чертежей с плотным размещением проекций.

Можно избежать этих и других сложностей, если вынести все проекции из пространства модели видовых окон на единый лист. Вынос проекций на лист, хотя и потребует дополнительных трудозатрат, впоследствии заметно упрощает завершение чертежа.

Чтобы вынести на лист проекцию из какого-либо видового окна, выполните следующее:

- перейдите в видовое окно проекции;
- убедитесь, что ПСК установлена по виду окна. Иначе примените команду UCS с опцией **View** или укажите кнопку .

Создайте блок из всех линий этого окна:

- **Draw** \ **Block** (Блок) \ **Make** (Создать) \ задайте имя блока \ **Pick Point** (Указать точку) — укажите характерную точку проекции \ **Select Objects** — задайте рамкой выносимые на лист линии \ установите переключатель в положение **Convert to Block** (Преобразовать в блок) \ **OK**.

Перейдите на лист и вставьте созданный блок:

- **Insert** (Вставка) \ **Block** (Блок) — при вставке задайте требуемый масштаб проекции;
- повторите указанные действия для остальных окон. Каждую новую проекцию размещайте на листе в проекционной связи по отношению к предыдущим проекциям, хотя это можно сделать и после выноса всех проекций.

Для возможности работы с отдельными линиями необходимо на листе командой EXPLODE расчленить вставки блоков. Рекомендуем это сделать после размещения всех проекций на чертеже.

После выноса изображений на лист можно для уменьшения размера файла удалить (командой ERASE) проекции в видовых окнах, удалить сами окна и связанные с ним слои (командой PURGE). С этой же целью можно созданный на листе набор проекций вместе с рамкой и штампом через буфер памяти перенести в новый файл, который не будет перегружен моделью, видовыми окнами, многочисленными слоями.

Компоновка чертежа

Компоновка предусматривает выбор формата и размещение изображений внутри рамки формата. Рамка формата и основная надпись вставляются из внешнего файла. Причем независимо от рассматриваемого ниже варианта компоновки вставку формата выполняют на лист:

- ❒ перейдите на лист и вставьте рамку и штамп формата на новый слой. В нашем примере нужен формат А3 (*см. разд. 3.5*).

Возможны два варианта компоновки. Первый вариант — оконный. Изображения остаются в видовых окнах. Корректировка масштаба чертежа или его отдельных изображений осуществляется изменением маштаба отображения (*см. разд 6.5*). Компоновка осуществляется перемещением окон командой `MOVE` внутрь формата чертежа. На этот момент слой с рамками видовых окон — обычно это слой *Vports*, который должен быть разморожен. После размещения видовых окон командой `MVSETUP` уточняется проекционная связь (*см. разд. 6.6*). В завершение рамки видовых окон "замораживают".

Второй вариант — компоновка с выносом изображений на лист. Поскольку все изображения находятся на едином листе, то не возникает никаких особенностей и проблем в сравнении с обычным чертежом. Масштабирование изображений выполняют командой `SCALE`. Размещение изображений внутри формата и проекционную связь выполняют командой `MOVE` с применением объектной привязки и автослежения `OTRACK`.

Простановка размеров и штриховка

Возможны три варианта простановки размеров.

Если проекции вынесены на лист, размеры проставляются как для обычного "плоского" чертежа (*см. разд. 2.8, 3.6*). Этот вариант наиболее простой и удобный, хотя требует выноса проекций на лист. Мы рекомендуем применять этот вариант.

При оконном варианте формирования чертежа, когда проекции остаются в видовых окнах, размеры для каждой проекции можно ставить в окне этой проекции на отдельном слое, созданном для данного окна и имеющем префикс DIM. Если размеры не помещаются в окне, следует раздвинуть окна и увеличить размеры окна. Окна перемещают на листе командой `MOVE` в режиме **ORTHO**. Границы окон раздвигают ручками, указав рамку окна в пространстве листа.

Можно ставить размеры на листе, оставляя проекции в пространстве модели. Возможность этого варианта определяется тем, что привязка к объектам модели действует из пространства листа. Размеры ставятся в едином пространстве листа, не требуется переключаться между окнами. При плотной простановке размеров можно размерами перекрывать рамки соседних окон.

Однако нужно помнить, что размеры и проекция находятся в разных пространствах, поэтому, если размеры проставлены и требуется переместить проекцию, то нужно одновременно перемещать рамку окна и размеры, иначе произойдет смещение размеров относительно изображения. Дополнительно следует заблокировать видовое окно от возможных изменений масштаба отображения (*см. разд. 6.5*).

Штриховку при оконном варианте компоновки выполняют в видовых окнах на слоях, имеющих префикс *HAT*. В простых чертежах и при достаточном опыте работы удается сохранять штриховку, которая автоматически создается при построении разрезов. При компоновке, выполняемой с выносом на лист, штриховка выполняется на листе как в обычном чертеже.

Вывод на печать

Если чертеж скомпонован на листе, то рекомендации по выводу на печать изложены в *разд. 3.8*. Особенности печати при оконной компоновке рассмотрены в *разд. 6.8*.

Глава 11

Перспектива. Блоки

В этой главе рассмотрены создание перспективных проекций и применение блоков. Объектом для построений является модель проспекта. Сначала создадим модель с простыми моделями зданий в виде параллелепипедов с нарисованными окнами. Затем заменим параллелепипеды образами современных зданий. Добавим в модель красивый архитектурный свод и часовенку. Результат работы оформим в виде композиции видовых окон (см. рис. 11.1, 11.14). Выполним фотореалистичную визуализацию.

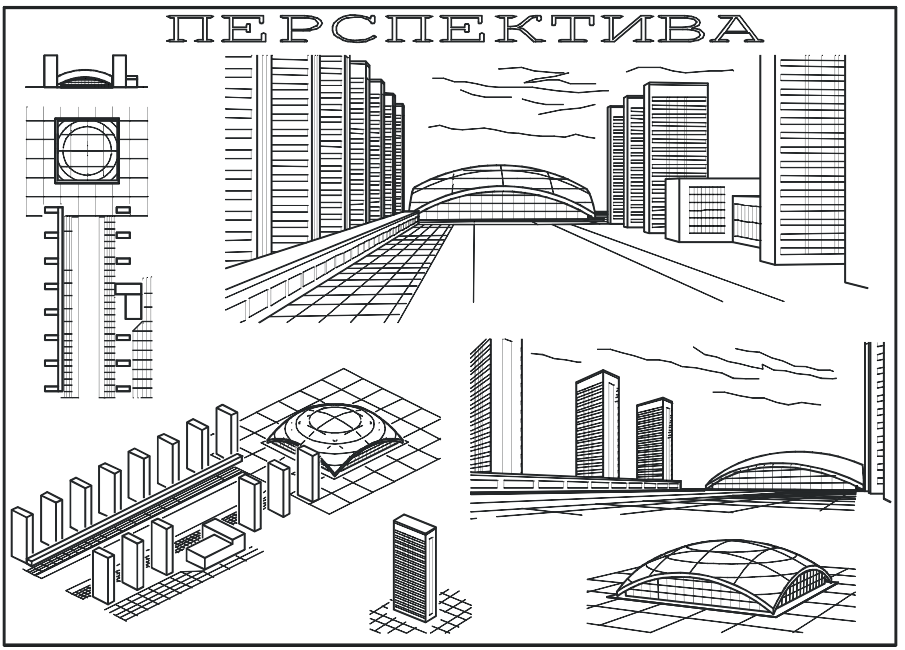


Рис. 11.1. Композиция "Перспектива проспекта"

11.1. Модель проспекта (начало)

❐ Загрузите пакет и начните новый рисунок.

Настройки

В AutoCAD объекты создают в истинных размерах. Примем в качестве единицы измерения метр. Например, если длина дома составляет 34 метра, зададим ее равной 34 единицам рисунка.

Пусть проспект занимает приблизительно 500 м с запада на восток и 900 м с юга на север. Композицию подготовим на лист формата А3. Тогда следует выполнить следующие настройки:

❐ в пространстве модели, при активной закладке **Model** (Модель), командой `LIMITS` задайте лимиты рисунка равными 0,0 и 500,900 \ настройте шаг 1, сетку 10 \ отобразите область лимитов на весь экран, выполнив **Zoom** (Зуммирование) \ **All** (Все).

❐ выходим в пространство листа, указав закладку **Layout1**. Задаем горизонтальный формат листа А3, шаг 1, сетку 5 \ создаем на листе рабочую конфигурацию из трех видовых экранов, содержащую виды спереди, сверху и изометрию;

❐ создайте слои с именами *Дом*, *Окна*, *Дорога*, *Центр*, *Тротуар* и др. На этих слоях будете размещать соответствующие объекты.

Строим дом

Дом представим параллелепипедом с нарисованными окнами (рис. 11.2). Построения выполняем в пространстве модели:

❐ перейдите в окно вида сверху, убедитесь, что активна МСК, текущим является цвет **BYLAYER** (По слою) \ перейдите на слой *Дом*;

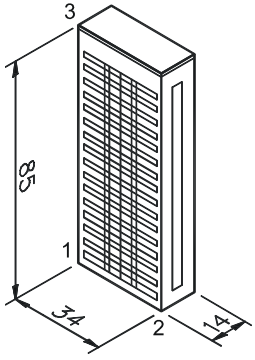


Рис. 11.2. Упрощенная модель здания

- box \ 90,30 \ L (опция **Length** задания длины) \ на запрос "Specify length:" введите 34 \ "Specify width:" — 14 \ "Specify height:" введите 85 — построен параллелепипед.

Повысим наглядность модели дома, изобразив окна и крышу. Сделаем это в два приема. Сейчас построим только горизонтальные ряды окон:

- установите ПСК на переднюю стену дома, выполнив ucs \ 3, укажите с объектной привязкой точки 1, 2 и 3;
- сделайте текущим слой *Окна*;
- нарисуйте на стене нижний ряд окон — это может быть отрезок полилинии (PLINE) или прямоугольник (RECTANGLE) шириной 2 и длиной 30;
- командой ARRAY создайте 16 этажей как прямоугольный массив из 16 строк и одного столбца с расстоянием между строками 5 единиц;
- проверьте построения, выполнив команду HIDE.

11.2. Создание и свойства блоков

Блок — это информация о геометрии и свойствах объекта, хранящаяся в файле рисунка. Блоки создают, если модель содержит ряд одинаковых объектов, например, улица из одинаковых зданий. Второе назначение блока — объединение объектов. Например, все объекты, составляющие здание, для удобства последующего редактирования (перемещения, поворота и т. д.) можно объединить в блок.

Для создания блока необходимо построить его объекты и применить к ним команду BLOCK. Затем объекты могут быть удалены с экрана. Их параметры сохранены в памяти как блок.

Построение на экране объектов блока называется вставкой блока. Вставка выполняется командой INSERT. При вставке объекты объединены в группу. Блок можно многократно вставить в рисунок, задавая вставкам различный слой, цвет, точку вставки, масштабы по осям и поворот. Вставки блока практически не приводят к увеличению объема файла (в отличие от копирования объектов). Если при вставке блока применить команду EXPLODE, то блок будет расчленен на самостоятельные объекты.

Для изменения (переопределения) блока его нужно создать заново с прежним именем. В этом случае все вставки блока автоматически перерисовываются в соответствии с внесенными в блок изменениями.

Можно воздействовать на свойства каждой вставки в отдельности. Рассмотрим пример редактирования цвета вставки. Если объекту перед тем, как его включили в блок, был присвоен определенный цвет (например, красный), то при вставке объект сохраняет этот цвет. Его можно изменить только при переопределении блока. Если объект имеет цвет **BYLAYER**, то цвет объекта

во вставке регулируется цветом слоя, на котором размещался объект перед созданием блока. Если объект имеет цвет **BYBLOCK** (по блоку), то цветом объекта можно управлять, редактируя цвет всей вставки, как обычного единого объекта. Аналогично цвету редактируются тип линии и толщина линий вставки.

Удаление блока из файла рисунка выполняется командой PURGE. Предварительно необходимо удалить из рисунка все вставки блока.

Дом как блок

Создадим блок, включив в него параллелепипед, окна и другие объекты, формирующие дом (см. рис. 11.2):

- присвойте параллелепипеду цвет **BYBLOCK**, а окнам — **BYLAYER**;
- перейдите на слой *Дом*; установите МСК;
- **Draw** (Рисование) \ **Block** (Блок) \ **Make** (Создать) — возникло диалоговое окно создания блоков;
- в поле **Name** задайте имя блока, например, *Дом*;
- в группе **Base Point** (Базовая точка) укажите кнопку **Pick Point** (Укажи точку) — вызовите объектную привязку **Intesection** (Пересечение) и укажите левый нижний угол дома, точка 1 на рис. 11.2;

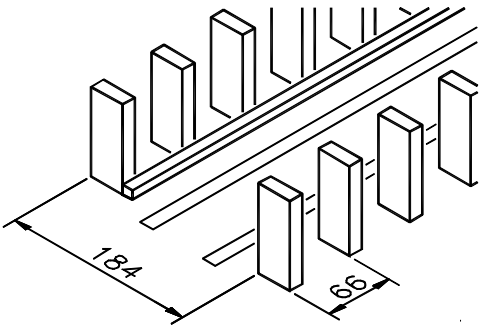


Рис. 11.3. Формирование проспекта как прямоугольного массива зданий

- укажите кнопку **Select Objects** (Выберите объекты) — охватите рамкой все объекты, включаемые в блок \ ПЩ;
- укажите **Convert to Block** (Преобразовать в блок) \ **OK** — покиньте окно;

Результат

В памяти рисунка создан блок, на экране — его вставка.

- `list` \ укажите дом — он выделяется, как единое целое \ ПЩ \ выведена информация о том, что это BLOCK REFERENCE (ссылка на блок или его вставка) с именем *Дом*.

Построим массив зданий как показано на рис. 11.3. Каждый элемент массива — это вставка блока *Дом*:

- `array` \ укажите **Rectangular** (Прямоугольный) \ **Select Objects** — укажите вставку дома \ **Rows** (Ряды) задайте равным 8 \ **Columns** (Столбцы) задайте 2 \ **Row Offset** (Расстояние между рядами) задайте 66 \ **Column Offset** (Расстояние между столбцами) задайте 184 \ **OK**.

Покажем, что изменение геометрии блока проявляется во всех его вставках. Переопределим блок *Дом*, добавив в него дополнительные объекты, повышающие наглядность здания, — это вертикальные штрихи в сетке окон, окна на боковых стенах и линию крыши:

- выполните еще одну вставку блока *Дом* на свободном месте рисунка;
- командой `EXPLODE` расчлените вставку на исходные объекты;
- устанавливая ПСК по плоскостям стен, создайте новые элементы оформления здания;
- восстановите МСК и командой `BLOCK` вновь объедините объекты в блок. Важно указать прежнюю точку вставки — точка 1 и присвоить блоку прежнее имя. При закрытии диалогового окна подтвердите, что вы переопределяете блок;

  Результат

  Выполненные изменения внесены во все вставки блока, т. е. по всему массиву домов.

- проверьте свойства блока. Заморозьте слой, на котором расположены окна зданий — по всей улице окна исчезли. Разморозьте слой окон и измените его цвет — изменился цвет всех окон. Укажите несколько зданий и измените их цвет — цвет стен изменился, цвет окон остался прежним.

11.3. Проспект (завершение)

Сферический свод

Нужно создать заготовку со сферической поверхностью (рис. 11.4, *а*), ограниченную гранями — стенами свода, со сферической части заготовки получить оболочку (рис. 11.4, *б*), имитировать остекление и каркас (*см. разд. 9.7, 9.8*):

- в окне вида сверху перенесите начало координат в точку (198,655), определяющую положение центра свода. Можно создать свод на свободном месте рисунка, затем перенести его в указанную точку;

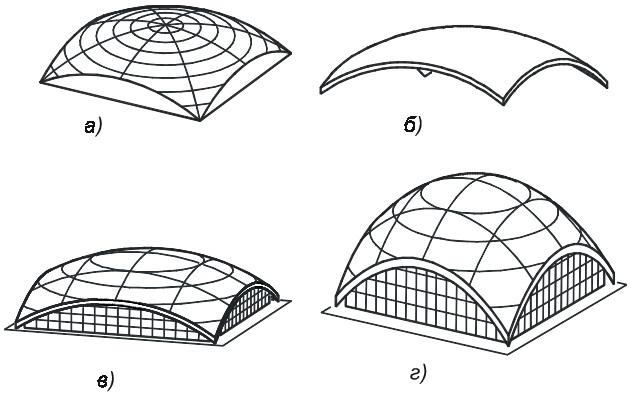


Рис. 11.4. Модель сферического свода:
а — заготовка как пересечение сферы и куба; *б* — оболочка;
в — добавление остекления; *г* — варьирование формы
за счет масштабирования вставки блока

- перейдите на слой *Свод*; установите цвет **BYLAYER**;
- `sphere` \ на запрос "center of sphere:" введите 0,0,−114 \ задайте радиус равным 160;
- `box` \ на запрос "corner of box:" введите −79.4,−79.4 \ 79.4,79.4,50;
- `intersect` \ укажите сферу и параллелепипед \ ПЩ — получена заготовка свода;
- `copy` \ укажите заготовку \ 0,0 \ ПЩ — создана копия заготовки;
- перенесите одну из заготовок на слой *Оболочка* \ сделайте этот слой текущим, слой *Свод* заморозьте.

Создаем оболочку толщиной, равной 1, направление формирования — наружу:

- `solidedit` \ **Body** \ **Shell** \ **All** \ **Add** \ укажите сферическую поверхность заготовки \ ПЩ \ −1 \ ПЩ;
- создайте и установите новый слой *Сечения* \ командой `SECTION` получите ряд горизонтальных и вертикальных сечений оболочки, имитирующих ее каркас.

Воспроизведем нависание крыши свода над его стенами:

- разморозьте слой *Свод*, на котором была "спрятана" копия заготовки свода. Командой `SLICE` срежьте с каждой стороны заготовки сегменты толщиной 5—7 единиц. Можно применить к стенам опцию **Offset** (Смещение) команды `SOLIDEDIT` с отрицательной величиной смещения;

- перейдите на слой *Окна*. Устанавливая ПСК на стены свода, начертите на них окна;
- разморозьте все слои с объектами свода, вернитесь на слой *Свод* и конвертируйте объекты свода в блок (подобно созданию блока дома).

При вставке блока можно варьировать форму объекта, задавая разные масштабы по осям. Так, на рис. 11.4, *г* показана вставка блока сферического свода, в которой масштаб по оси *Z* вдвое превышает значения масштабов по другим осям — получен эллиптический свод, вытянутый вверх. Если задать все масштабы различными, получим свод с оболочкой трехосного эллипсоида.

- Можете изменить форму свода, выполнив разномасштабную вставку.

Торговый центр и ряды

- На новом слое постройте ряд магазинов по левой стороне улицы (рис. 11.5, *а*). Это может быть параллелепипед во всю длину улицы с нарисованным на передней грани остеклением.
- Сотрите два дома по правой стороне улицы и постройте на их месте модель здания, составив его из двух-трех параллелепипедов с остеклением (см. рис. 11.5, *б*).
- На слое *Дорога* создайте два ряда газонов, каждый из которых выполните как прямоугольник.
- На слое *Тротуар* постройте сетку плит тротуара (см. рис. 11.1, 11.5).
- Проверьте построения, выполнив команду `HIDE`.

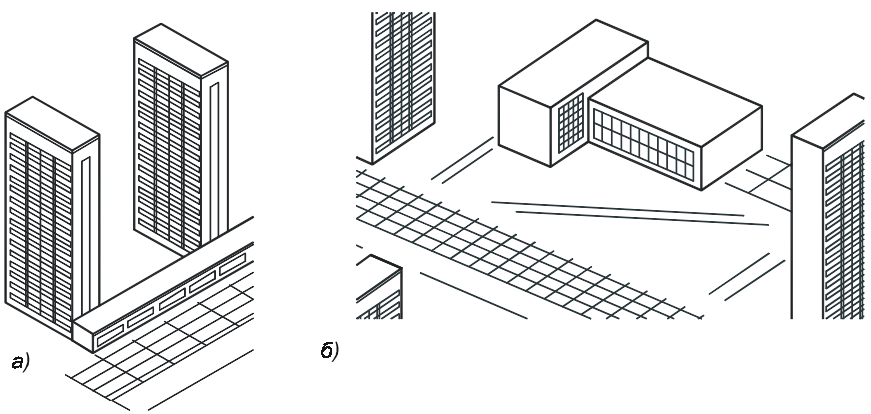


Рис. 11.5. Ряд магазинов (*а*) и торговый центр (*б*)

11.4. Основы построения перспективы

Перспектива — это центральная проекция объекта на плоскость, близкая к зрительному восприятию человека. Временно отложим работу над моделью проспекта и выполним упражнения, позволяющие понять общие закономерности перспективной проекции и основы ее построения в AutoCAD.

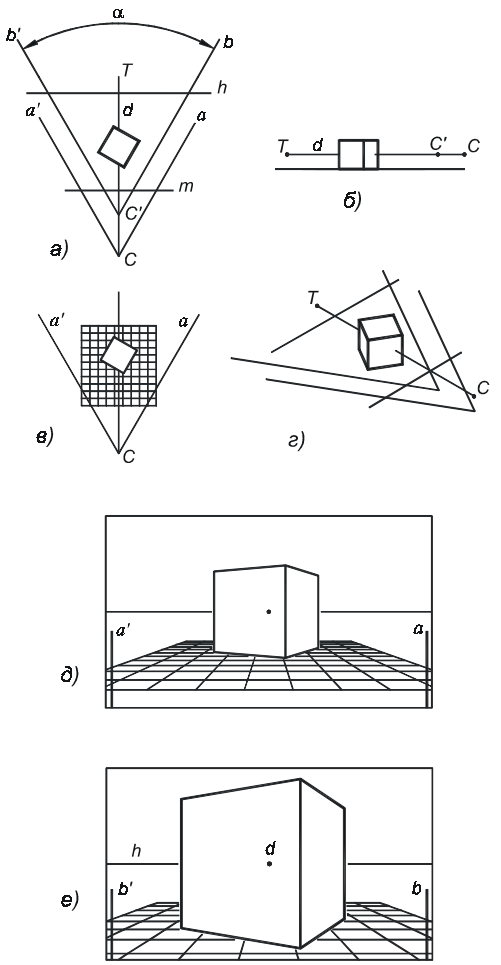


Рис. 11.6. Перспектива куба:
а — разметка в плане; *б* — вид слева; *в* — сетка на "земле";
г — аксонометрия, как предварительный вид перед построением перспективы;
д — перспектива из точки *C*; *е* — перспектива из точки *C′*

Параметрами перспективной проекции (рис. 11.6, *а*) являются точка зрения, главный луч — направление взгляда, картинная плоскость и угол зрения. При построении перспективы в AutoCAD или в других пакетах точку зрения называют точкой камеры *C* (Camera point). Направление главного луча задают точкой цели *T* (Target point). Роль картинной плоскости выполняет видовое окно, в границах которого строится перспектива.

Для того чтобы перспектива не имела заметных искажений в сравнении со зрительным восприятием, угол зрения α должен находиться в пределах 30°—60°. Оптимальное значение равно 40°.

При настройке перспективы воспроизводят перемещение камеры по главному лучу, регулируя дистанцию, как расстояние от камеры до точки цели. Переместить камеру дальше точки цели нельзя. Поэтому точку цели *T* задают либо в середине объекта, либо за ним.

Разметка перспективы

Для построения перспективы создадим два видовых окна:

- откройте новый рисунок; перейдите на лист; отобразите на листе область, соответствующую размерам формата А3; удалите дежурное окно;
- `-vports` \ в левом нижнем углу экрана укажите первый угол окна \ задайте второй угол как @160,100;
- `copy` \ скопируйте окно, поместив копию справа от первого окна;
- установите в первом окне вид сверху, во втором — вид слева (см. рис. 11.6, *а*, *б*).

В качестве объекта для изучения перспективы построим куб со стороной 10 единиц и повернем его на 30° по часовой стрелке (см. рис. 11.6, *а*). Построения можно выполнять в МСК или в ПСК:

- перейдите в окно вида сверху;
- `box` \ −5,32 \ @10,10,10 — создан куб;
- `rotate` \ укажите куб \ ПЩ \ укажите точку в центре куба или введите ее координаты 0,37 \ −30.

Будем строить перспективу для двух точек зрения, точек *C* и *C′* (см. рис. 11.6, *а*). Угол зрения зададим равным 60°. С учебной целью выполним разметку, построив отрезок главного луча *d* и границы двух секторов обзора, отрезки *a* и *b*. Построим отрезок *h* на высоте главного луча для отображения на перспективе линии горизонта. Для определения положения картинной плоскости построим отрезок *m* в плоскости *XY*, перпендикулярный главному лучу. Для наглядности перспективы нанесем в плоскости *XY* (на "земле") сетку.

Взгляд направим параллельно горизонтальной плоскости. Высота взгляда — на уровне середины куба, т. е. на высоте в 5 единиц. Все построения выполняем в окне вида сверху, контролируя их по окну вида слева:

- `line` \ 0,0,5 \ @60<90 \ ПЩ — отрезок *d*;
- `line` \ 0, 0 \ @60<60 \ ПЩ — отрезок *a*;
- `line` \ 0, 14 \ @60<60 \ ПЩ — отрезок *b*;
- присвойте отрезкам *a* и *b* разный цвет;
- `mirror` \ укажите отрезки *a* и *b* \ ПЩ \ 0,0 \ 0,1 \ ПЩ — построены два сектора обзора по 60° каждый. Первый сектор *a*, *a′* с вершиной в точке *C*, второй *b*, *b′* с вершиной в точке *C′*.
- `line` \ −25,55,5 \ @50<0 \ ПЩ — отрезок *h*;
- `line` \ −15,22 \ @30<0 \ ПЩ — отрезок *m*;
- `3d` \ **Mesh** (Сетка) \ −14,18 \ 14,18 \ 14,48 \ −14,48 \ 10 \ 10 — возникла прямоугольная сетка (см. рис. 11.6, *в*);
- поместите сетку на отдельный от разметки слой.

Команда *DVIEW*

Существуют две команды построения перспективы: `DVIEW` и `3DORBIT`. Для обеих команд имеется наглядный справочный материал — вызовите команду и нажмите <F1>. Начнем с команды `DVIEW`.

Создадим для перспективной проекции новое видовое окно:

- скопируйте одно из ранее созданных окон на свободное место, перейдите в него и установите вид в SW-изометрии (см. рис. 11.6, *г*);
- в новом окне избирательно заморозьте слой, на который была помещена сетка.

Первая перспектива

Построим перспективу из точки *C* (см. рис. 11.6, *а*):

- убедитесь, что активно окно аксонометрии, подготовленное для создания перспективы;
- `dview` \ на запрос "Select objects:" укажите куб и отрезки разметки \ ПЩ \ `PO` (опция **Points** (Точки)) \ "Target point:" с объектной привязкой **Endpoint** укажите точку *T* \ "Camera point:" с той же привязкой укажите точку *C* — установлен ортогональный вид по направлению главного луча;
- `D` (опция **Distance** (Дистанция)) \ на экране появилась перспективная проекция куба, в верхней части окна возникла шкала с движком, пере-

мещение которого соответствует изменению расстояния от точки камеры до неподвижной точки цели *T*;

- ❒ перемещая движок шкалы дистанции, наблюдайте изменение перспективной проекции;
- ❒ П-щелкните — в этом случае дистанция задается равной расстоянию между указанными точками камеры и цели.

Результат

Получена одна из возможных перспективных проекций куба из точки *C*.

Не прерываем команду и продолжаем настройку перспективы. Установим угол зрения равным 60°, контролируя отображение границ сектора, т. е. отрезков *a* и *a′*. Отрезки, выходящие из точки наблюдения, в перспективе видны как вертикальные:

- ❒ Z (опция **Zoom**) \ возникла шкала, перемещение движка которой меняет угол зрения \ перемещайте движок шкалы и следите за изменением проекции куба и движением отрезков разметки;

Результат

Отрезки *a* и *a′* (определите их по цвету) видны как вертикальные, точку камеры *C* не видно, поскольку мы из нее наблюдаем. Отрезки *b*, *b′* видны выходящими из второй точки камеры *C′*.

- ❒ переместите движок шкалы **Zoom** в положение, при котором отрезки *a* и *a′*, будучи вертикальными, разместятся по краям окна. Зафиксируйте установленный сектор обзора левой кнопкой мыши;
- ❒ разморозьте слой, содержащий сетку.

Результат

Построена перспектива из точки *C* в направлении точки *T*, соответствующая углу зрения 60° (см. рис. 11.6, *д*, где сектор *b*, *b′* условно не показан).

Вторая перспектива

Переместим камеру ближе к объекту, в точку *C′*. Для этого достаточно лишь изменить дистанцию. Новое значение дистанции можно ввести с клавиатуры, но мы сделаем это наглядно, по отображению границ второго сектора обзора *b*, *b′*. Для второй перспективы создадим новое видовое окно:

- ❒ перейдите на лист, скопируйте окно первой перспективы на свободное место листа и перейдите в новое окно.

Вызываем команду DVIEW. Поскольку она начинает действовать в окне ранее построенной перспективы, то можно пропустить настройки точек цели и

камеры и сразу приступить к корректировке дистанции (иначе эти настройки нужно повторить):

- `dview` \ "Select objects:" — укажите куб и отрезки разметки \ ПЩ \ `D` (опция `Distance`) \ переместите движок шкалы в новое положение, при котором отрезки b, b' примут вертикальное положение, если эти отрезки выходят за границы окна, примените опцию **Zoom** и увеличьте угол зрения до появления этих отрезков;
- опцией **Zoom** добейтесь, чтобы отрезки b, b' разместились по краям видового окна, зафиксируйте сектор обзора левым щелчком \ ПЩ — прервите команду.

Результат

Получена перспектива из точки C' с углом зрения 60° (см. рис. 11.6, *е*). В соответствии с приближением камеры к объекту его изображение в окне перспективы увеличилось.

Особенности построения перспективы командой *DVIEW*

Опция **Camera** (Камера) позволяет осмотреть объект, оставаясь на заданной дистанции от точки цели. Опция **Target** (Цель) воспроизводит поворот камеры.

- Создайте копию видового окна перспективы и в этом окне проверьте действие опций **Camera** и **Target**.

Опция **Hide** (Скрыть) удаляет невидимые линии. Выявлена следующая особенность действия этой опции и одноименной команды в перспективе: необходимо, чтобы на перспективе не содержались отрезки, вырожденные в точку. Обычно такие отрезки отсутствуют, и указанные опция и команда надежно удаляют невидимые линии в перспективе. Однако в нашем примере, в окнах ранее созданных перспектив, имеется отрезок d главного луча, вырожденный в точку, которую можно заметить в центре окна. Для удаления невидимых линий нужно перенести отрезок d на отдельный слой и заморозить.

Удалить невидимые линии в перспективе без указанных ограничений можно в режиме **SHADE** (Закраска). Однако применять режим **SHADE** следует после завершения команды `DVIEW`. Во время настройки параметров перспективы команда `DVIEW` и режим **SHADE** конфликтуют.

Точки цели и точки камеры мы задавали путем их указания с объектной привязкой как концов отрезка главного луча. Можно вводить координаты точек с клавиатуры. Нужно только помнить, что командой `DVIEW` по умолчанию координаты трактуются в МСК, независимо от текущей ПСК. Чтобы они воспринимались в ПСК, нужно, находясь в видовом окне перспективы, ввести с командной строки имя системной переменной `WORLDVIEW`. Ее зна-

чение по умолчанию равно 1, что указывает на действие МСК. Задайте переменой значение, равное 0.

При выборе объектов можно указать лишь часть из них, те, которые позволят ориентироваться в пространстве перспективы. Уменьшение количества объектов повысит скорость динамического слежения, что становится заметно при громоздких и сложных объектах. Найденные параметры будут применены ко всем объектам видового окна.

Если при выборе объектов вместо их указания на экране щелкнуть правой кнопкой мыши, на экран будет выведен домик — внутренний объект для настройки перспективы. После завершения команды будут восстановлены исходные объекты с настроенной перспективой.

Для отмены перспективной проекции в видовом окне нужно командой `ZOOM` задать в этом окне один из ортогональных видов или одну из изометрий.

Команда *3DORBIT*

Перейдем ко второй команде построения перспективной проекций — команде `3DORBIT` (*см. разд. 4.4*). Достоинством команды является возможность настройки перспективы при наглядном отображении объектов в режиме **SHADE**.

Повторим ранее выполненные примеры. Строим перспективу (см. рис. 11.6, *д*) из точки *C* и сектором обзора 60°:

- создайте очередную копию видового окна и установите в нем вид спереди;
- `shademode` \ **Hidden** или пункт меню **View** \ **Shade** \ **Hidden**;
- `3dorbit` \ ПЩ \ в контекстном меню укажите пункт **Projection** (Проекция) \ **Perspective** (Перспектива) — включен режим перспективной проекции;
- **More** (Дополнительно) \ **Adjust Distance** (Настроить дистанцию) \ перемещая курсор в вертикальном направлении, измените дистанцию так, чтобы отрезки *a* и *a′* заняли вертикальное положение — в окне создана перспектива из точки наблюдения *C*;
- **Zoom** \ вновь вертикально перемещайте курсор — изменяется угол зрения;
- добейтесь, чтобы отрезки *a* и *a′*, оставаясь вертикальными, разместились по краям видового окна \ **Exit** — прервите команду.

Результат

Вновь, теперь с помощью команды `3DORBIT`, получена перспектива из точки *C* с углом зрения 60°.

Для перемещения камеры в точку *C′* изменим дистанцию, контролируя ее по границам сектора *b*, *b′*:

- `3dorbit` \ ПЩ \ **More** \ **Adjust Distance** \ перемещая курсор в вертикальном направлении, измените дистанцию так, чтобы отрезки *b* и *b′* заняли вертикальное положение;
- **Zoom** \ перемещая курсор, добейтесь, чтобы отрезки *b* и *b′*, оставаясь вертикальными, разместились по краям видового окна \ **Exit** — изменяется угол зрения.

Построенная перспектива должна соответствовать рис. 11.6, *e*.

Задать точку камеры и точку цели

Это можно сделать командой `CAMERA`, применив ее перед построением перспективы. Например:

- установите в видовом окне вид слева;
- `camera` \ укажите с объектной привязкой точки камеры и цели либо введите их значения с клавиатуры;

  Результат

  Установлен вид по направлению главного луча.

- `3dorbit` \ ПЩ \ **Projection** \ **Perspective** — построена перспектива с заданными координатами точек камеры и цели.

Осталось настроить угол зрения, указав **Zoom** в контекстном меню команды `3dorbit`.

При вводе координат с клавиатуры значения можно задавать в ПСК или МСК в зависимости от настройки системной переменной `WORLDVIEW`.

Некоторые свойства перспективы

Найдите на экране (см. рис. 11.6, *д*, *e*) проекцию отрезка *h* — это линия горизонта. Укажите отрезок в окне вида сверху или аксонометрии — он выделится в окне перспективы. Можно убедиться, что независимо от размеров и пропорций видового окна перспективы, при условии, что главный луч параллелен "земле", линия горизонта размещается посередине видового окна.

В центре видового окна, на линии горизонта, найдите точку — это вырожденная проекция главного луча *d*. Точку хорошо видно, если применить режим закраски (**View** \ **Shade** \ **Hidden**), в котором будет скрыта линия горизонта за кубом. Приходим к еще одному выводу: главный луч в перспективе проецируется в точку, расположенную в *центре* видового окна. В точности сказанного можете убедиться, перейдя на лист и построив диагонали видо-

вого окна. Углы окна укажите с объектной привязкой. Точка *d*, независимо от размеров и пропорций видового окна перспективы, разместится на пересечении диагоналей.

Настраивая угол зрения, мы ориентировались по отображению отрезков, нанесенных на границах сектора обзора. Если камера совмещалась с вершиной сектора, отрезки принимали вертикальное положение. Это подтверждает еще одно известное положение: отрезки, направленные в точку наблюдения, на перспективе отображаются перпендикулярно линии горизонта.

Из теории перспективы известно, что прямые, параллельные "земле", в перспективе пересекаются на линии горизонта. Куб имеет два пучка таких ребер. Убедимся, что ребра, принадлежащие одному пучку, пересекаются на линии горизонта (рис. 11.7):

- перейдите на лист; пользуясь объектной привязкой, обведите ребра куба, направленные, например, в правую сторону; примените команду LENGTHEN с опцией **Dynamic** (Динамически) и удлините ребра до пересечения.

Результат

Ребра пересеклись в точке *F* на линии горизонта.

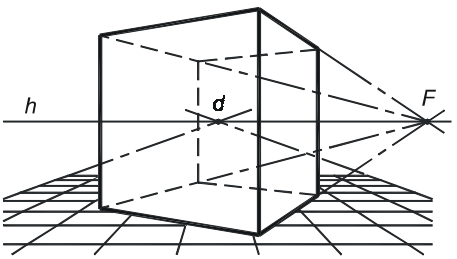


Рис. 11.7. Схождение пучков параллельных прямых в перспективе

Можно выполнить такие же построения для ребер куба, направленных влево, и убедиться, что они пересекутся в точке на линии горизонта.

На примере построенной "на земле" сети отметим еще два свойства перспективы. Прямые, параллельные главному лучу, в перспективе сходятся в центре видового окна в точке главного луча *d* (см. рис. 11.7). Размеры объектов (ячеек сетки) по мере их удаления от наблюдателя уменьшаются.

Как отмечалось выше, перспектива является проекцией на некоторую плоскость картины. Определить положение картинной плоскости можно следующим образом. В окне вида сверху переместите отрезок *m* в сторону куба. Перемещайте до тех пор, пока отрезок не появится в окне перспективы

вблизи нижней границы окна. Найденное положение отрезка *m* укажет на плане положение картинной плоскости как ближнюю границу пространства перспективы.

Перспектива на наклонной плоскости

Взгляд сверху

Перспектива на рис. 11.8, *а* может быть получена перемещением камеры и точки цели:

- скопируйте окно последней перспективы на свободное место, перенесите элементы разметки на новый слой и заморозьте его, оставив в окне куб и сетку "земли";
- `3dorbit` \ ПЩ \ перемещая курсор внутри орбиты, задайте точку зрения, как на рис. 11.8, *а*;
- **More** \ **Adjust Distance** — приближайтесь к объекту; добейтесь, чтобы куб занял основную часть окна;
- **Zoom** — увеличьте угол зрения, изображение куба уменьшается;

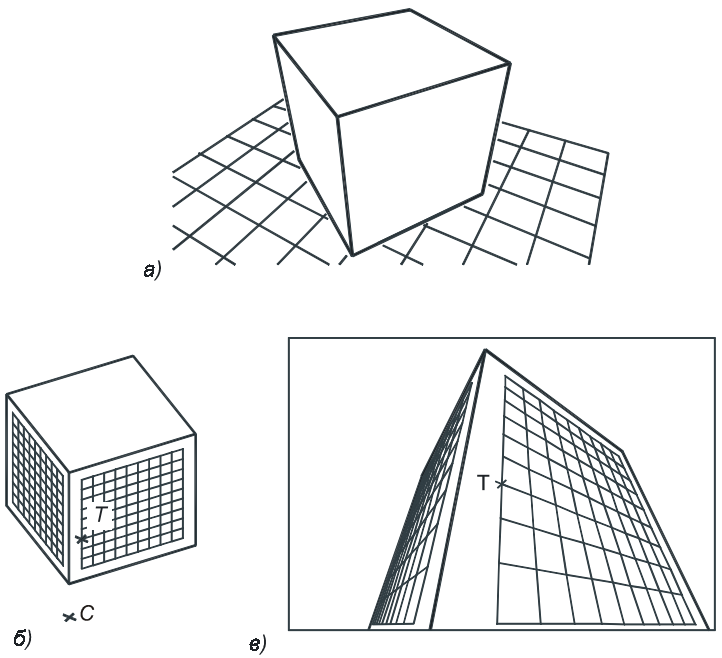


Рис. 11.8. Перспектива на наклонной плоскости:
а — взгляд сверху; *б* — точки камеры и цели и сетки окон для построения перспективы снизу; *в* — перспектива, как взгляд снизу-вверх

- повторите последние два действия несколько раз, добиваясь возрастания степени схождения вертикальных ребер;
- **Pan** — скорректируйте точку цели, переместив изображение на середину окна.

Взгляд снизу-вверх

Построим перспективу, соответствующую взгляду человека, гуляющего по проспекту и смотрящего на величественное здание (рис. 11.8, *в*). Применим команду `DVIEW` с опцией **Points**. Дополним куб сеткой окон на его стенах. Нанесем маркеры точек камеры и цели. Точку цели *T* нанесем на стене. Точку камеры *C* зададим вблизи здания на высоте роста человека:

- еще раз скопируйте окно перспективы, установите в нем SE-изометрию (это одна из фиксированных изометрий команды `ZOOM`), сетку "земли" заморозьте;
- в аксонометрии на новом слое, переставляя ПСК по граням куба, командой `3D` постройте на гранях сетки, моделирующие этажи и окна. Количество рядов и строк каждой сетки задайте равными 10 (см. рис. 11.9, *б*);
- **Format** \ **Point Style** \ выберите маркер точки "крестик";
- `point` \ поставьте маркер в точку цели *T*, указав ее по сетке окон с объектной привязкой **Intersection** (Пересечение), например, как первую точку в четвертом снизу ряду сетки окон;
- в окне построений восстановите систему координат, в которой был создан куб;
- поставьте маркер в точку камеры *C* с координатами, например, (49, 58, 1);
- `dview` \ "Select objects:" укажите куб, сетки окон и маркеры точек \ ПЩ \ опция **Points** \ "Target point:" — с объектной привязкой **Node** (Узел) укажите маркер точки цели \ "Camera point:" — с той же привязкой укажите маркер точки камеры \ опция **Distance** \ ПЩ \ опция **Zoom** \ 14 \ ПЩ;
- в дополнительном видовом окне постройте ту же перспективу командой `3DORBIT`, предварительно задав положение камеры и цели командой `CAMERA`.

11.5. Обзорная перспектива

Под *обзорной* будем понимать перспективу, параметры которой заранее неизвестны и подбираются визуально. Такую перспективу рекомендуем выполнять командой `3DORBIT`.

Продолжим работу над моделью проспекта. Построим перспективу, показанную на рис. 11.8, *е*.

- Откройте файл, содержащий построенный ранее проспект.
- На листе создайте для перспективы новое видовое окно с пропорциями как на рис. 11.9. Отобразите видовое окно на весь экран. Перейдите в пространство модели созданного окна.

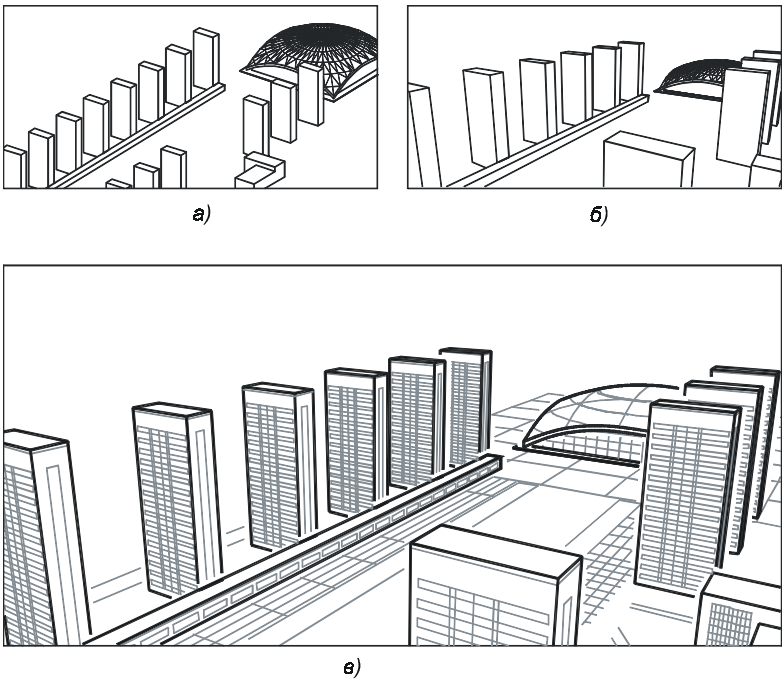


Рис. 11.9. Перспектива проспекта:
а — видовое окно с предварительным видом в аксонометрии;
б — перспектива с "замороженными" второстепенными объектами;
в — итоговая перспектива

Приведем ряд рекомендаций, повышающих эффективность поиска перспективы.

Для повышения скорости и качества динамического слежения (промежуточного отображения объектов) необходимо заморозить слои с второстепенными объектами. С той же целью объекты, расположенные сзади точки камеры, далеко в стороне или впереди, в выбор не включают. Под выбором подразумеваются объекты, указываемые перед вызовом команды `3DORBIT` (или по запросу в командной строке "Select objects:" в случае применения команды `DVIEW`).

Предварительный выбор объектов влияет на первоначальное положение точки цели, которая в команде `3DORBIT` при включенной опции **Orbit uses AutoTarget** автоматически назначается как средняя точка области, занимаемой выбранными объектами, а при отключении этой опции — как середина видового окна.

Поиск перспективы удобно вести в режиме визуализации с удалением невидимых линий (укажите пункт меню **View** \ **Shade** \ **Hidden**).

Команда `3DORBIT` работает в текущей системе координат. В связи с этим в видовом окне следует задать ПСК с вертикальным положением оси *Z* (например, МСК) и применять опцию **Orbit Maintains Z**, которая при вращении вокруг объекта фиксирует вертикальное положение оси *Z*.

Построение перспективы начинайте с создания аксонометрии, в которой направление взгляда и границы изображения в первом приближении задайте в соответствии с направлением взгляда (главного луча) и границами создаваемой перспективы. Итак:

- `shademode` \ **Hidden** — скрыты линии невидимого контура;
- избирательно заморозьте слои со второстепенными объектами: *Окна*, *Дорога*, *Тротуар* и т. д.;
- установите предварительную точку зрения, это может быть вид спереди или одна из стандартных изометрий;
- `ucs` \ ПЩ — в видовом окне установлена МСК;
- укажите или выберите секущей рамкой те объекты, которые составят основу перспективы, в нашем примере — это все дома и свод с "замороженными" окнами;
- `3dorbit` \ ПЩ \ активизируйте опцию **More** \ **Orbit Maintains Z** и опцию **More** \ **Orbit Uses AutoTarget**;
- проверьте, что включено параллельное проецирование — укажите **Projection** \ **Parallel** \ опциями **Zoom**, **Orbit**, **Pan** получите аксонометрию, показанную на рис. 11.9, *а*;
- включите опцию создания перспективы: **Projection** \ **Perspective**;
- изменяя дистанцию (опцией **More** \ **Adjust Distance**), приближайтесь к объекту, в нашем примере к третьему дому по правой стороне улицы. Направление взгляда корректируйте опциями **Orbit** и **Pan**;
- выставив направление взгляда, опцией **Zoom** отрегулируйте угол зрения, в частности, дальний правый и третий слева дома должны разместиться по границам видового окна;
- корректировку параметров повторяйте несколько раз. В итоге добейтесь перспективной проекции, как на рис. 11.9, *б*. \ **Exit** — прервите команду.

Для повышения степени перспективного схождения параллельных прямых (ракурса) следует приблизиться к объекту (опция **Adjust Distance**), при этом сектор обзора уменьшится и часть объектов может выйти за границы видового окна. Затем восстановите сектор обзора (опция **Zoom**). Эти действия можно повторить несколько раз. Для снижения перспективности действуют в обратном порядке: увеличивают дистанцию и уменьшают сектор обзора.

Если при построении перспективы уменьшение дистанции не приближает объект, то точка камеры приблизилась вплотную к точке цели. В этом случае нужно прервать команду и переместить вперед точку цели. В команде `3DORBIT` для этого достаточно выбрать только те объекты, которые расположены впереди точки камеры, либо применить команду `CAMERA` и явно задать точку цели.

Получив перспективу, восстановите на экране объекты, скрытые на замороженных слоях, и сохраните перспективу (см. рис. 11.9, *в*) для завершающей композиции, как именованный вид:

- **View** (Вид) \ **Named Views** (Именованные виды) \ задайте текущему виду имя, например, *Перспектива_1.*

Постройте еще несколько обзорных перспектив, осматривая проспект со всех сторон, приближаясь к различным зданиям, задайте взгляд с улицы, с площади перед сводом или торговым центром.

11.6. Определение параметров перспективы

Определить параметры ранее созданной перспективы, т. е. координаты ее точек цели и камеры, угол зрения, можно командой `DVIEW`. Значения, выводимые в командную строку в угловых скобках, являются текущими настройками исследуемой перспективы:

- перейдите в видовое окно перспективы, вызовите команду `DVIEW`, выберите объекты;
- вызовите опцию **Points** — в командной строке в угловых скобках приведены координаты точки цели \ ПЩ, т. е. "согласен"; согласие необходимо, чтобы не изменить перспективу;
- в командной строке в угловых скобках приведены координаты точки камеры \ ПЩ.

Аналогично опцией **Zoom** можно определить масштабный фактор, связанный с углом зрения; опцией **Distance** — расстояние от камеры до точки цели и др.

- Клавиша <F2> — просмотрите текстовое окно с параметрами перспективы.

По умолчанию координаты точек приводятся в МСК. Для того чтобы они выводились в ПСК, нужно в текущем видовом окне системной переменной `WORLDVIEW` присвоить значение 0.

Исследование перспективы, приведенной на рис. 11.9, *в*, выявило следующие ее параметры в МСК: точка цели T (178,312,60), точка камеры C (360,30,151), масштабный фактор 37.5.

Под масштабным фактором понимается фокусное расстояние объектива камеры в мм. Значение угла зрения α в зависимости от масштабного фактора f в первом приближении можно определить по формуле: $\alpha = 114.6 \cdot \mathrm{arctg}(\frac{17.5}{f})$.

Для f = 37.5 получим $\alpha \approx 50^{o}$.

В окне вида сверху, в МСК, постройте отрезок (командой `LINE`) из точки C в точку T (рис. 11.10), который покажет направление взгляда.

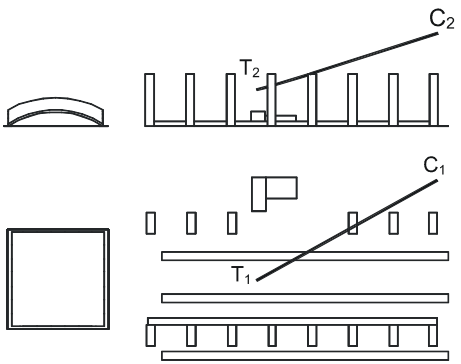


Рис. 11.10. Построение отрезка главного луча по координатам точек камеры и цели

Координаты камеры и цели можно определить командой `CAMERA`, применив ее к окну перспективной проекции. Искомые значения выводятся в командной строке как предложения "по умолчанию".

11.7. Перспектива с заданными параметрами

Такую перспективу строят, если необходимо отразить или проверить восприятие архитектурного объекта из заданной точки в заданном направлении. Рассмотрим два примера.

Перспектива при минимальных искажениях

Перспектива, создаваемая на экране, соответствует зрительному восприятию, если угол зрения не превышает 50—60°. Иначе возникают искажения объектов, особенно по краям видового окна.

Построим перспективу, приведенную на рис. 11.1 (верхняя). Направим взгляд вдоль проспекта, параллельно "земле". Камеру немного сместим влево для большего раскрытия правой стороны проспекта, где расположен торговый центр. Высоту точки наблюдения зададим 25 м.

Применим команду `DVIEW`, в которой угол зрения задается опцией **Zoom** по величине масштабного фактора. Установим масштабный фактор (фокусное расстояние объектива камеры) равным 50 мм — это рекомендуемое значение, что согласно приведенной выше формуле соответствует углу зрения 37—40°.

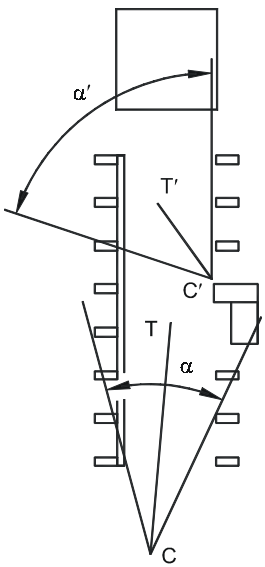


Рис. 11.11. Разметка перспективы проспекта:
точка *C* — взгляд вдоль проспекта; точка *C′* — взгляд на площадь

- В окне вида сверху, где установлена МСК, задайте двумя отрезками (рис. 11.11) сектор обзора с углом α, равным 38—40°, с вершиной в точке *C*. Из точки *C* постройте отрезок главного луча как биссектрису угла α.
- Командой `MOVE` переместите отрезок главного луча вверх на высоту 25 единиц.

- Командой `LIST` определите координаты конечных точек отрезка. В нашем примере точка T имеет координаты (206,250,25), точка C — (175, −105,25).

Создайте на листе видовое окно и в нем перспективу с заданными параметрами:

- `-vports` \ укажите произвольную точку листа \ @200,140;
- `dview` \ укажите объекты \ опция **Points** \ введите координаты или укажите точку T (цель) \ задайте точку C (камера) \ опция **Distance** \ ПЩ \ опция **Zoom** \ задайте значение масштабного фактора равным 50 (это соответствует углу зрения ≈ 40°) \ ПЩ;
- опция **Hide** — проверьте полученную перспективу, удалив невидимые линии;

  Результат

  Получена перспектива (см. рис. 11.1, верхняя).

- сохраните перспективу как именованный вид.

Взгляд на площадь

Построим перспективу, соответствующую взгляду от торгового центра на площадь (см. рис. 11.1, перспектива справа внизу). Разметка перспективы приведена на рис. 11.11.

Пусть человек находится в точке C'. Угол зрения α' зададим 75—80°. Правую границу сектора обзора направим вдоль тротуара, левую — на середину третьего от площади здания.

- В окне вида сверху постройте сектор обзора, найдите его биссектрису, поднимите ее на высоту 2 единицы (рост человека) — это будет отрезок главного луча. Командой `LIST` определите координаты концов отрезка, как точку цели и точку камеры. В наших построениях координаты составили: T' (185,435,2), C' (270, 316, 2).

Перспективу можно создать командой `DVIEW`, как в предыдущем примере. Сектор обзора нужно подобрать опцией **Zoom** по появлению на границах видового окна вертикальных отрезков или объектов, расположенных на границах сектора в соответствии с разметкой на плане. Для рассматриваемого примера масштабный фактор составил примерно 20 мм.

Если верхняя граница видового окна перспективы срезает два дальних дома, нужно увеличить высоту окна — на листе ручками переместите вверх границу окна и повторите настройку перспективы.

Применение команд *3DORBIT* и *CAMERA*

Обе перспективы можно построить командой `3DORBIT`, если предварительно вызвать команду `CAMERA` и задать координаты точек камеры и цели. Однако предварительно задать угол зрения в этом случае не удается. Его подбирают визуально опцией `Zoom` команды `3DORBIT`.

11.8. Композиции видовых окон

Композиция позволяет многогранно и целостно отобразить объект для его презентации. Построим две композиции. Первая приведена на рис. 11.1, а вторая — на рис. 11.13. Им соответствуют две конфигурации видовых окон (рис. 11.12). Каждую композицию создадим на новом листе. Но сначала переименуем текущий лист, на котором выполнялись построения объекта:

- поставьте курсор на закладку текущего листа **Layout1** и П-щелкните, в контекстном меню укажите **Rename** и задайте новое имя, например, *Построения*;

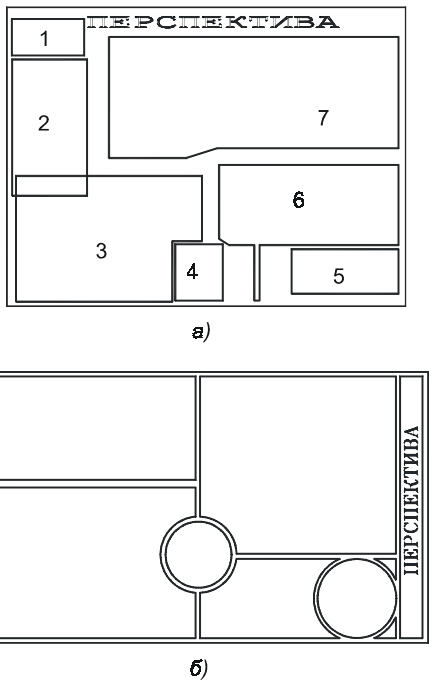


Рис. 11.12. Конфигурации видовых окон:
а — простая; *б* — фигурная

- создайте новый лист: **Insert** (Вставка) \ **Layout** (Лист) \ **New** (Новый) \ задайте имя, например, *Композиция 1*;
- перейдите на новый лист, задав метрические единицы, формат А3 или горизонтальный А4.

Приступайте к созданию конфигурации видовых окон для первой композиции (см. рис. 11.12, *а*, *см. разд. 6.6*). На листе начертите замкнутые многоугольники. Если они созданы из отрезков, объедините их в области (командой `REGION`) и объявите видовыми окнами (пункт меню **View** \ **Viewports** \ **Object** \ укажите рамки \ ПЩ). Рамки окон поместите на отдельный слой, который впоследствии заморозьте. В окнах 1 и 2 установите соответственно виды спереди и сверху. Между ними задайте проекционную связь (команда `MVSETUP`). В окна 3, 4 и 5 вставьте аксонометрические изображения, а в окна 6 и 7 — перспективы. Если перспективные виды ранее были сохранены, то вызовите их по имени (пункт меню **View** \ **Named Views** (Именованные виды)).

Как отмечалось, линия горизонта перспективы размещается посередине видового окна, причем середина определяется по верхней и нижней точкам окна. Особенность формы окна 6 — искусственное увеличение его высоты за счет узкой полосы в нижней части рамки окна — позволяет сместить линию горизонта перспективы вниз.

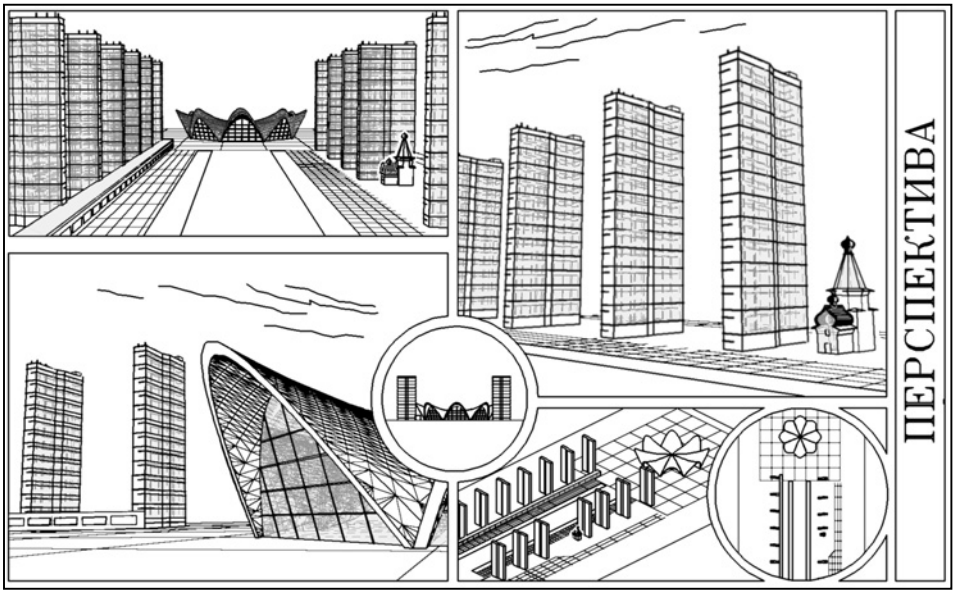


Рис. 11.13. Композиция перспективы проспекта с фигурной конфигурацией видовых окон

Объекты в видовых окнах показаны избирательно путем замораживания слоев. В частности, на рис. 11.1 можно заметить, что не везде показаны окна домов. Надписи выполнены на листе. Облака на перспективах также нарисованы на листе поверх изображения.

На рис. 11.13 показан второй вариант оформления работы. Конфигурация видовых окон (см. рис. 11.12, *а*) заимствована из "фирменного" примера — файла opera.dwg. Для новой композиции создайте лист *Композиция 2*; видовые окна постройте из отрезков прямых, окружностей и дуг, можно применять эллипсы, сплайны. Подберите новые перспективы.

Каждую композицию сохраните как растровую копию экрана (*см. разд. 8.9*).

11.9. Корректировка модели

Внесем в модель коррективы, которые придадут проспекту современный вид и позволят получить красивую фотореалистичную визуализацию: заменим здания на более современные, заменим свод и вместо торгового центра вставим часовенку (см. рис. 11.13).

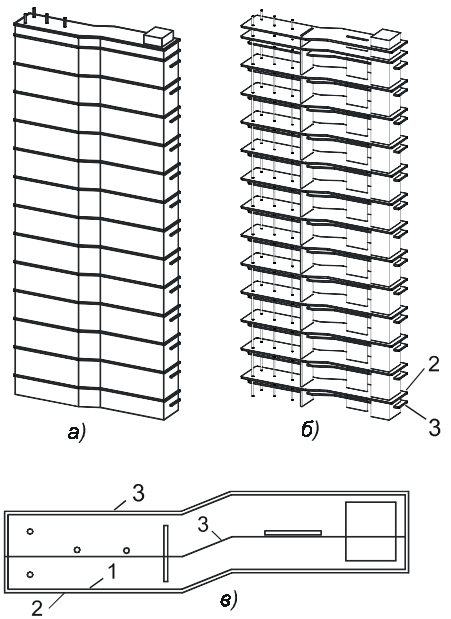


Рис. 11.14. Модель "супер"-дома:
а — стены; *б* — внутреннее пространство; *в* — план

Модель "супер"- дома

Образована из следующих объектов: стены, этажные перекрытия и объекты, схематично передающие внутреннее пространство (рис. 11.14). Объекты разместим на трех слоях, что позволит "послойно" управлять их видимостью и материалами. Объекты объединим в блок, переопределив ранее созданный блок дома:

- построения выполняем в окне вида сверху. Перенесите начало координат на свободное место. Создайте три слоя с именами *Стены*, *Этажи*, *Внутренние элементы*. Установите текущий цвет **BYLAYER**;
- `pline` \ 0,0 \ 15,0 \ 20,2 \ 35,2 \ 35,9 \20, 9 \ 15, 7 \ 0,7 \ `Cl` — построен контур стен 1 (см. рис. 11.14, *в*).

Из контура 1 командой `OFFSET` со смещением 0.5 наружу постройте контур 2 полного этажного перекрытия. Создайте копию контура 2 и оставьте его продольную половину — получен контур 3 частичного этажного перекрытия. Командой `EXTRUDE` выдавите контур стены 1 на высоту дома, равную 85 — получены стены, контуры 2 и 3 выдавите на высоту 0.3 — получены единичные этажные перекрытия. Перенесите объекты на соответствующие слои *(Стены, Этажи)*.

Для создания массива этажных перекрытий:

- `move` \ укажите перекрытие 2 \ ПЩ \ 0,0,4 \ ПЩ — перекрытие поднято на высоту 4 единицы;
- перенесите перекрытие 3 на высоту 2 единицы;
- `3darray` \ укажите оба перекрытия \ ПЩ \ **Rectangular** \ "rows:" — введите 1 \ "columns:" — введите 1 \ "levels:" — 13 \ "distance:" — 6.5;
- создайте внутренние элементы как параллелепипеды высотой 87. Поместите их на слой *Внутренние элементы*;
- перейдите на слой *Дом*. Создайте блок нового дома, заменив им старый блок с тем же именем. Важно указать прежнюю точку вставки и прежнее имя блока;

  Результат

  Произошло переопределение блока, которое привело к замене всех его вставок, т. е. по всему проспекту старые здания заменены новыми.

- проверьте управление видимостью и цветом зданий, например, замораживание слоя *Внутренние элементы* должно привести к исчезновению этих элементов. То же относится к стенам и перекрытиям.

Подобрав цвет и тип линии для внутренних элементов, можно передать прозрачность стен (см. перспективы на рис. 11.13). Тот же результат можно

получить командой HIDE, позволяющей отобразить скрытые линии нужным цветом и типом линии (*см. разд. 4.3*).

Вставка объектов из других файлов

Замена свода и добавление часовенки выполняются по мере создания этих объектов. Старые объекты нужно удалить или заморозить их слои.

Вставить объект из другого файла можно командой INSERT, задав файл, в котором содержится нужный объект. Предварительно рекомендуем создать копию вставляемого файла, удалить (командой ERASE) лишние объекты, командой PURGE очистить файл от лишних слоев, блоков, материалов и т. д. Вставленные объекты нужно разместить "на проспекте" с корректировкой их масштаба.

Возможен вариант вставки копированием через буфер памяти (*см. разд. 12.7*).

11.10. Фотореалистичная визуализация проспекта

Построим изображение ночного проспекта в ярком лунном свете (рис. 11.15).

- Перейдите на новый лист. Создайте три видовых окна с видами сверху, спереди и окно для перспективы. Для последнего задайте длину 180, высоту 200. Из объектов оставьте здания на правой стороне проспекта и часовенку, слои с остальными объектами заморозьте.
- Командой DVIEW постройте перспективу с параметрами: точка цели (212, 229,15), точка камеры (115,118,15), дистанция 147, масштабный фактор 35. Координаты в МСК.
- В окне вида сверху постройте плоскость для визуализации поверхности земли, как прямоугольник с углами (−35,−100), (455,850), объявите его как REGION.
- Создайте один источник света (*см. разд. 7.8*) типа **Spotlight** (Прожектор). Его параметры: **Intensity** = 510, **Hotspot** = 0, **Falloff** = 60. Направление: **Modify** \ "Enter light target:" введите 180,264,120 \ "Enter light location:" введите 108,240,186. Остальные параметры оставьте по умолчанию.

Материалы

В нашем примере применены три новых материала.

- Для стен рекомендуем материал темного стекла с небольшой прозрачностью и зеркальностью (*см. разд. 8.4*). Его цвет — параметр **Color/Pattern** — определяется следующими настройками: **Value** (Значение) равно 0.8,

Color: **Red** = 0.3, **Green** = 0.8, **Blue** = 0.6. Зеркальность материала — параметр **Reflection**: **Mirror**, **Value** равен 0.3. Прозрачность **Transparency**: **Value** равна 0.3.

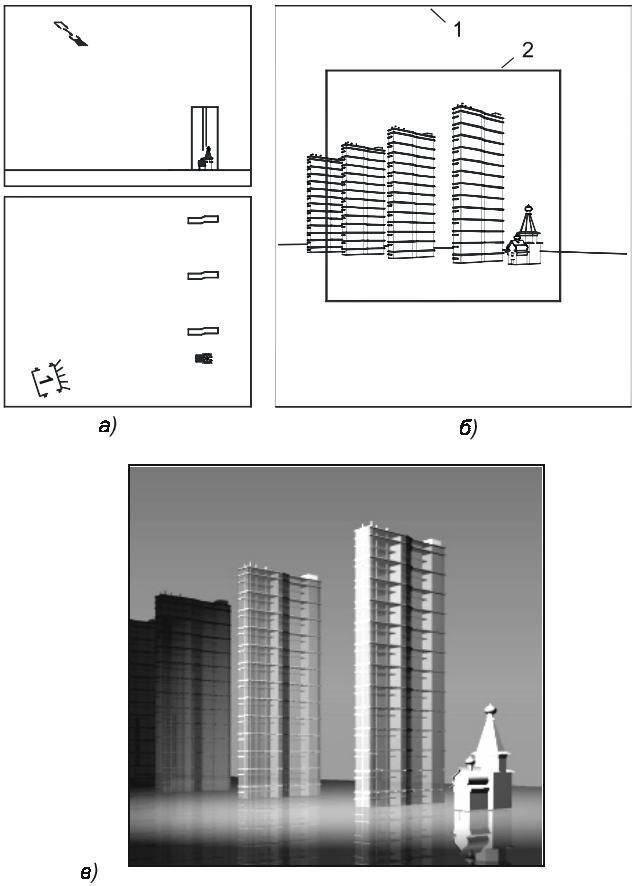


Рис. 11.15. Фотореалистичная визуализация проспекта:
а — установка прожектора (виды спереди и сверху);
б — кадрирование перспективы; *в* — итоговая визуализация

- Для этажей и внутренних элементов материал с параметрами: **Color/Pattern**: **Value** = 1, составляющие RGB все равны 1; параметр **Ambient**: **Value** = 0.7.
- "Земля" темная, немного зеркальная. Цвет **Color/Pattern**: **Value** = 0.3; **Red** = = 0.7, **Green** = 0.8, **Blue** = 1. Зеркальность **Reflection**: **Mirror**, **Value** равна 0.25.

- Созданные материалы присвойте объектам здания по признаку слоя (**BYLAYER**).
- Установите темный слегка градиентный фон ночного неба.

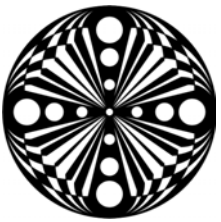
Выполните пробные визуализации. Уточните параметры источника света и материалов. Итоговую визуализацию сохраните в файл формата TIFF размером 1600×1280, **24-Bit** или **32-Bit**. Столь высокий размер растрового изображения необходим для его последующего кадрирования.

Кадрирование перспективы

Как отмечалось выше, главная точка перспективы автоматически размещается в центре видового окна. Во многих случаях возникает необходимость переместить главную точку. Для этого следует, получив растровое изображения всего видового окна, обрезать часть картинки по нужному контуру.

Кадрирование можно выполнить в AutoCAD (*см. разд. 8.9*). Однако проще воспользоваться редактором растровых изображений. В нашем примере первоначально было получено изображение по контуру 1 (см. рис. 11.15, *б*) видового окна перспективы. Затем растровый файл был загружен в редактор Adobe Photoshop, в котором изображение было обрезано по контуру 2.

Глава 12



Сетевые объекты

Сеть как объект AutoCAD можно представить в виде тонкой пленки, состоящей из четырехугольных или треугольных ячеек. Сети предназначены, главным образом, для моделирования поверхностей сложной формы. Объекты сравнительно простой формы предпочтительно воспроизводить средствами твердотельного моделирования (*см. гл. 9*).

В AutoCAD имеются сети двух видов. Первый вид — сети с заданным количеством рядов и столбцов и ячейками четырехугольной формы. Второй вид — полисети, их структура и форма ячеек могут быть произвольными. Полисети применяются при программном формировании поверхностей [7], для представления solid-объектов, например, по команде `HIDE`, а также для воспроизведения объектов, экспортируемых из других пакетов.

В данной главе рассмотрены сети первого вида, так называемые сети типа MESH на прямоугольной сетке размером N×M. Применив команду `3DMESH`, можно каждой вершине придать произвольные *X*-, *Y*-, *Z*-координаты и сформировать сети сколь угодно сложной пространственной формы. Этот подход используют преимущественно в сочетании с программированием [7].

В основном для построения сетей типа MESH применяют команды, которые рассчитывают координаты вершин и формируют сетевые примитивы или сети четырех частных видов: вращения, сдвига, соединения и сеть на пространственном криволинейном четырехугольнике.

Команды создания сетей сосредоточены в пункте меню **Draw** (Рисование) \ **Surfaces** (Поверхности). Сетевые примитивы (конус, сфера, параллелепипед и т. д.) можно построить командой `3D` или через диалоговое окно, вызываемое из пукта меню **Draw \ Surfaces \ 3D Surfaces** (3D-поверхности). Удобно применять панель инструментов **Surfaces**.

Для сетей типа MESH предусмотрена возможность редактирования. С помощью команды `PEDIT` можно перемещать вершины, сглаживать сеть

сплайном и др. Кроме того, положение вершин можно корректировать ручками.

Объектом, близким по назначению к сетям, является грань (команда 3DFACE). Все сети при их расчленении (командой EXPLODE) распадаются на отдельные грани. Команда EDGE позволяет сделать отдельные или все ребра граней невидимыми при их каркасном отображении.

Рассмотрим характерные примеры применения сетей.

❒ Создайте новый рисунок, подготовьте видовые окна для работы с пространственными объектами.

12.1. Косая плоскость

Косая плоскость — это линейчатая поверхность, краями которой является неплоский четырехугольник. Поверхность может быть построена как сеть командой 3D или вызвана из меню:

❒ **Draw** \ **Surfaces** \ **3D Surfaces** \ в возникшем диалоговом окне в левом столбце укажите **Mesh** (Сеть).

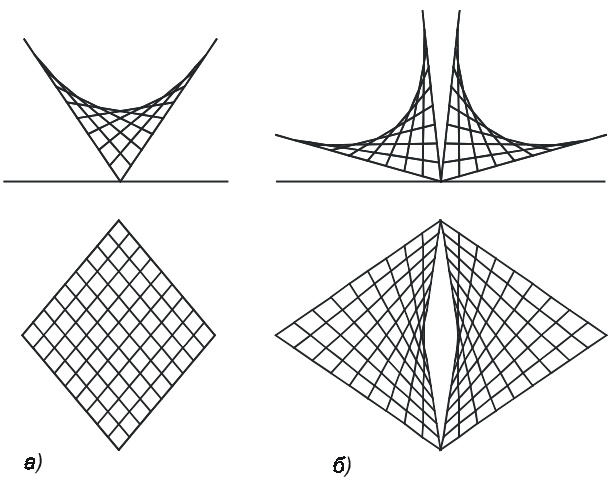


Рис. 12.1. Павильон:
а — единичный отсек косой плоскости;
б — ансамбль;

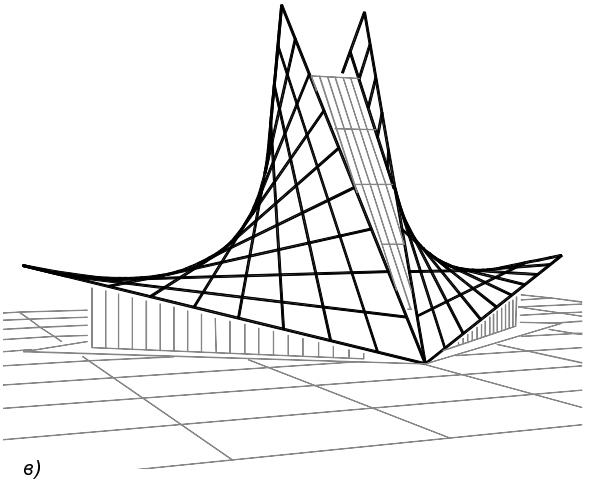


Рис. 12.1. Павильон: *в* — перспектива

Введите координаты углов четырехугольника и размер сети по каждому направлению:

- 0,−32 \ 27,0,40 \ 0,32 \ −27,0,40 \ 10 \ 10 — построен отсек косой плоскости (рис. 12.1, *а*).

Для построения архитектурного ансамбля [3], показанного на рис. 12.1, *б*, *в*, поверните отсек в вертикальной плоскости и создайте его зеркальное отражение (рис. 12.1, *б*). Для наглядности перспективной проекции (см. рис. 12.1, *в*) создайте "на земле" еще одну сеть.

Остекление можно выполнить отсеками сетей или поверхностей соединения RULESURF. В качестве опорных вершин сетей остекления можно задать узлы основной поверхности.

12.2. Поверхности вращения и сдвига

Эти поверхности строятся командами соответственно REVSURF и TABSURF. Рекомендуем навести справки по указанным командам. Необходимы предварительные построения (разметка). Для поверхности вращения нужны контур вращения и ось, для поверхности сдвига — контур и вектор сдвига. Дискретность поверхностей задается системными переменными SURFTAB1 и SURFTAB2. Для задания системной переменной ее имя нужно ввести из командной строки.

Часовенка

Оба купола (рис. 12.2, *а*) — поверхности вращения. Этими поверхностями удобно воспроизвести и все восьмигранные элементы модели (шатер, восьмерик), а также четырехгранные стены и пирамидальную крышу. Придел, его стены и крышу воспроизведем поверхностями сдвига. Создайте слои *Разметка*, *Купол*, *Шатер*, *Стены*.

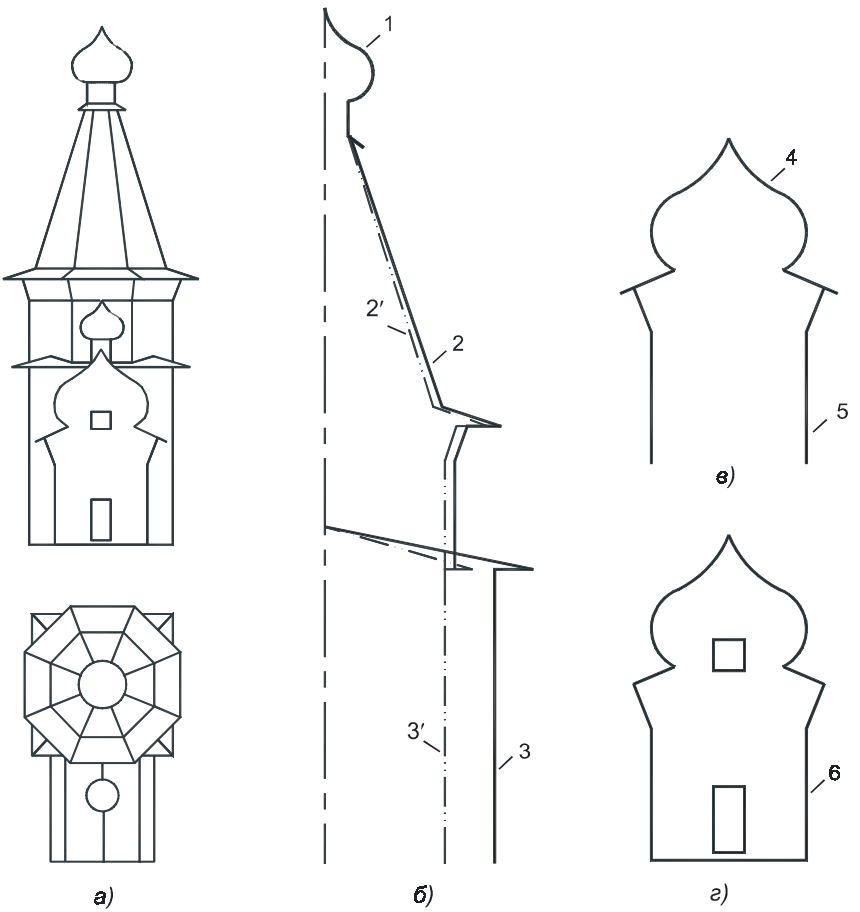


Рис. 12.2. Часовенка:
а — план и фасад; *б* — контуры и ось вращения;
в — контур сдвига; *г* — фронтальная стена придела

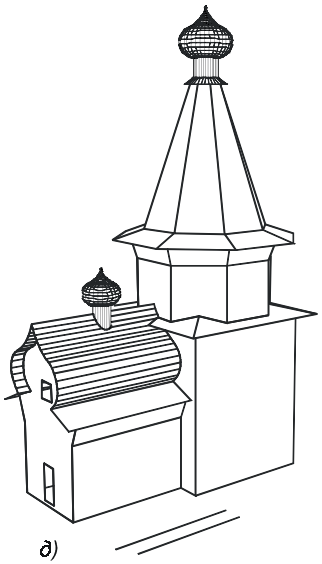


Рис. 12.2. Часовенка: *д* — итоговая перспектива

Строим поверхности вращения

Построим контуры и ось поверхностей вращения. Начнем с главного купола:

- перейдите в окно вида спереди;
- сделайте текущим слой *Разметка*;
- `pline` \ 0,110.5 \ **Arc** (Дуга) \ `S` (опция **Second pt** (Вторая точка))\ 1,108 \ 4,105.5 \ 3,98.5 \ `L` (опция **Line** (Отрезок)) \ 3,94 \ 5,92.5 \ ПЩ — контур 1 (рис. 12.2, *б*).

Два других контура первоначально построим по размерам фасада. Затем нужно учесть, что контуры при создании поверхностей вращения располагаются по диагоналям многоугольников. Для шатра и восьмерика — это восьмиугольник, для стен и крыши — квадрат. Предварительные контуры, соответствующие фасаду:

- `pline` \ 3,94 \ 14,59 \ 21, 56.5 \ 17, 56.5 \ 15.5,52 \ 15.5,38 \ ПЩ — контур 2′ шатра и восьмерика;
- `pline` \ 0, 43.5 \ 19, 38 \ 15.5,38 \ 15.5,0 \ ПЩ — контур 3′ стен и крыши.

Масштабируем предварительные контуры вдоль оси *X*. Масштаб *m* определяется выражением $m = 1/\cos\alpha$, где α — угол между диагональю многоугольника и осью *X*. Для восьмиугольника $\alpha = \pi/8$, а $m = 1.08239$. Для четырехугольника $\alpha = \pi/4$ и $m = 1.41421$. Масштабирование выполним путем

создания блока, включающего предварительный контур, и его разномасштабной вставки с последующим расчленением.

Из контура 2′ получим контур 2 вращения для восьмигранных элементов:

- создайте блок из профиля 2′, задав точку вставки 0,0;
- вставьте созданный блок, задав масштаб вставки по оси *X* равным 1.082, по остальным осям равным 1;
- расчлените вставку командой `EXPLODE` и объедините образовавшиеся отрезки в единую полилинию: `pedit` \ `M` \ указать отрезки \ ПЩ \ **Join** (Присоединить) — получен контур 2.

Подобным образом из контура 3′ создайте контур 3 четырехгранных элементов, задав масштаб по *X* равным 1.414.

Общая ось вращения:

- `line` \ 0,0 \ 0,115.

Строим поверхность купола:

- перейдите на слой *Купол*;
- `surftab1` \ 35 \ `surftab2` \ 10 — задана дискретность, соответственно, по экватору и по меридиану;
- `revsurf` \ укажите контур 1 \ укажите ось \ 0 \ 360 — купол построен.

Восьмигранные поверхности:

- перейдите на слой *Шатер*;
- `surftab1` \ 8 \ `revsurf` \ укажите контур 2 \ укажите ось \ 0 \ 360.

Четырехгранные стены и крыша:

- перейдите на слой *Стены*;
- `surftab1` \ 4 \ `revsurf` \ укажите контур 3 \ укажите ось \ 0 \ 360;
- перейдите в окно вида сверху и командой `ROTATE` относительно точки 0,0 поверните восьмигранники на 22.5°, а четырехгранники на 45°.

Строим поверхности сдвига

Это будут крыша и стены придела. Потребуется создать контуры и векторы сдвига:

- перейдите на слой *Разметка*, активизируйте окно вида спереди;
- `pline` \ 0,42 \ **Arc** \ `S` \ 3,37.5 \ 6.5,35 \ `S` \ 10,30 \ 7,25 \ **Line** \ 14,22 \ ПЩ — контур 4 крыши придела;
- согласно рис. 12.2, *в* постройте контур 5 боковой стены придела, зеркально отобразите контуры 4 и 5 относительно вертикальной оси часовенки;

- перейдите в окно вида сверху;
- `line` \ 26,15.5 \ @0,−29 \ ПЩ — вектор сдвига для стен;
- ПЩ — повтор последней команды \ 30,15.5 \ @0,−32 \ ПЩ — вектор сдвига для крыши.

Контуры сдвига крыши и стен понадобятся не только для получения поверхностей, но и для формирования фронтальной стены придела. Поэтому, прежде чем создать поверхности сдвига, следует убедиться, что после формирования поверхности контуры сохранятся:

- введите из командной строки имя переменной `DELOBJ` и задайте ее равной нулю.

Строим поверхности сдвига:

- `surftab1` \ 8 — задана дискретность криволинейных сегментов крыши;
- перейдите на слой *Стены*;
- `tabsurf` \ в окне аксонометрии укажите контур 4 правой стены \ укажите малый вектор сдвига со стороны его начала, если поверхность сформировалась не в том направлении, укажите вектор с другой стороны;
- перейдите на слой *Купол*;
- `tabsurf` \ укажите контур 5 правой крыши \ укажите большой вектор сдвига;
- аналогично постройте левые стену и крышу.

Фронтальная стена придела

Создается как область на основе контуров 4 и 5, оставшихся после построения стен и крыши придела:

- скопируйте видовое окно вида спереди на свободное место листа и оставьте в нем только объекты разметки; слои с построенными поверхностями избирательно заморозьте;
- редактированием линий контуров 4 и 5 создайте контур стены 6;
- постройте прямоугольники оконного и дверного проемов; из контура 6 и прямоугольников создайте области (команда `REGION`) и выполните вычитание (`SUBTRACT`) проемов.

В завершение в окне вида сверху или аксонометрии переместите поверхности придела и его фронтальную стену вдоль оси *Y*. Создайте малый купол. За основу возьмите большой, скопируйте его и примените масштабирование (команда `SCALE`) в 0.5—0.7 раз.

Визуализация

Часовенка построена. Для ее наглядной визуализации командами HIDE или SHADEMODE \ **Hidden** (Скрыть) задайте режим отображения линий пересечения (*см. разд. 4.3*). Получите изображение в перспективе (см. рис. 12.2, *д*).

Для фотореалистичной визуализации подберите из библиотеки или создайте материалы. "Примерьте" их, получив предварительное изображение командой SHADEMODE \ **Gouraud**, задав настройки, обеспечивающие отображение материала (*см. разд. 8.1*). Задайте свет, тени, фон и выполните команду RENDER.

При визуализации может возникнуть необходимость придать ячейкам сети разный цвет или материал. Например, придать разный цвет граням пирамидального шатра часовенки. Если такая задача возникла, нужно попытаться построить сеть заново из нескольких сетей, разделив контур сети или вектор перемещения (для сетей сдвига) на части, каждой из сетей придать отдельный материал. В крайнем случае сеть можно "взорвать" (команда EXPLODE). В результате она распадается на грани, каждой из которых можно присвоить свой материал или цвет.

Для более детальной проработки модели часовенки необходимо применять твердотельные solid-объекты.

Сфера Эшера

Приведем красивый пример [2, 4] поверхности вращения (рис. 12.3). Необходимо построить спираль на поверхности сферы, вращением спирали создать сегмент поверхности и размножить его вращением вокруг оси сферы.

Строим спираль на сфере, содержащую два витка. В окне вида сверху строим базовую сферу:

- 3d \ **Sphere** (Сфера) \ "center point:" зададим 0,0 \ "radius:" равен 25 \ количество сегментов по экватору: 10 \ по меридиану: 20;
- перейдите в окно изометрии, отобразите сферу на весь экран, задайте режим SHADEMODE \ **Hidden**;
- перейдите на новый слой, задайте красный цвет и объектную привязку **Endpoint**;
- spline \ укажите верхний полюс сферы \ указывайте точки каркаса, каждый раз смещаясь на ячейку вниз и вправо (см. рис. 12.3, *а*) \ соединив точки на видимой части сферы, поверните сферу, указав кнопку **3DORBIT** (выполните поворот орбиты \ <Esc>) \ указывайте очередные точки каркаса, по необходимости поворачивая сферу \ дойдя до нижнего полюса, прервите команду SPLINE тремя П-щелчками;
- сферу заморозьте.

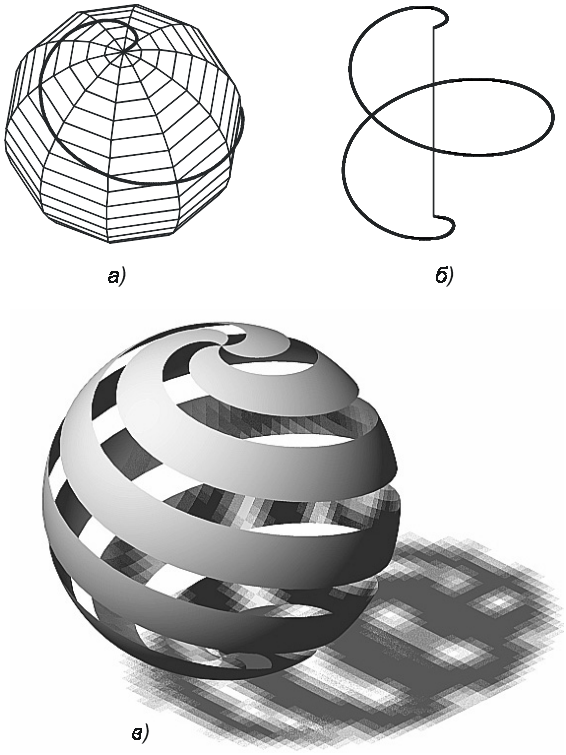


Рис. 12.3. Сфера Эшера: *а* — построение спирали, *б* — исходные объекты для построения сегмента сферы; *в* — сфера как массив сегментов

Строим спиралевидный отсек:

- постройте ось вращения, соединив отрезком конечные точки спирали (рис. 12.3, *б*).
- `surftab1` \ 10 \ `surftab2` \ 150;
- `revsurf` \ укажите спираль \ укажите ось \ "Start angle:" задайте 0 \ "Included angle:" равен 70.

Завершаем модель:

- перейдите в окно вида сверху и постройте круговой массив вращения из трех полученных отсеков.

Выполните фотореалистичную визуализацию полученной сферы (рис. 12.3, *в*), задав материал, например, RED_PLASTIC, систему освещения (*см. гл. 7*). Для получения тени постройте плоскость.

Оригинальное решение получается, если внутренней и наружной поверхностям присвоить различные материалы. Для этого следует создать копию объекта и уменьшить ее масштабированием с коэффициентом от 0.95 до 0.99.

Еще интереснее придать сфере толщину. Задайте коэффициент масштабирования для получения внутренней сферы на уровне 0.7 и закройте зазоры между наружной и внутренней сферами поверхностями соединения.

12.3. Поверхность соединения

Поверхность соединения формируется при перемещении отрезка прямой, концы которого равномерно движутся каждый по своей направляющей линии. Направляющими могут быть произвольные линии. Строит поверхность команда `RULESURF`. Плотность поверхности определяется системной переменной `SURFTAB1`. Рекомендуем изучить примеры применения указанной команды, приведенные в справочной системе.

Откос

Поверхность соединения применяют для воспроизведения несложного рельефа. На рис. 12.4 показано построение откоса:

- в окне вида сверху командой `SPLINE` или `PLINE` постройте изолинии рельефа (рис. 12.4, *а*);
- в окне вида спереди переместите изолинии на соответствующую им высоту;

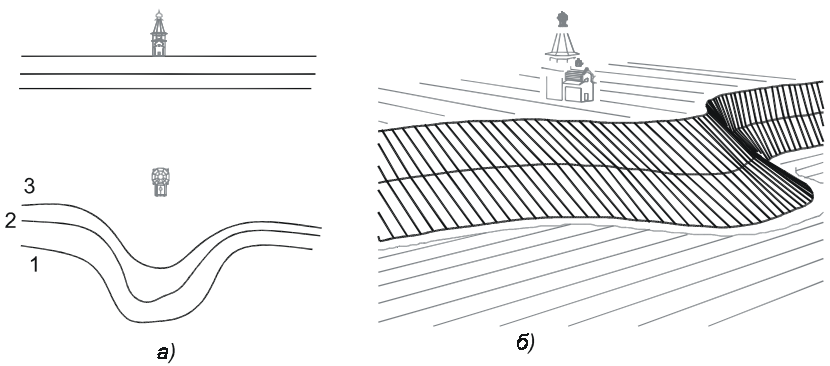


Рис. 12.4. Откос как поверхность соединения:
а — изолинии; *б* — перспектива

- задайте `SURFTAB1` в интервале от 50 до 100;
- создайте слой для поверхности и установите его как текущий;
- перейдите в окно вида сверху и избирательно заморозьте слой для поверхности;
- `rulesurf` \ в окне вида сверху укажите линии 1 и 2, указывать нужно с одной стороны, левой или правой — в окне аксонометрии построена нижняя часть откоса;
- `rulesurf` — указав линии 2 и 3, постройте верхнюю часть откоса;
- придайте работе наглядность, выполнив штриховку "реки и горы". Скопируйте часовенку из предыдущей работы. Постройте перспективу.

Геликоид

Применим поверхность соединения для построения прямого открытого геликоида. Для реалистичности придадим поверхности толщину (рис. 12.5).

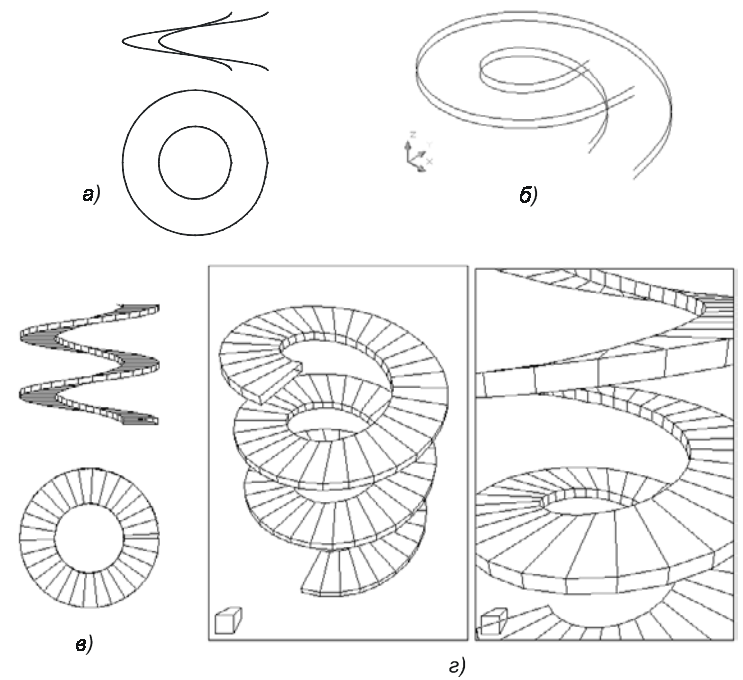


Рис. 12.5. Прямой геликоид: *а* — внутренняя и наружная спирали; *б* — придание толщины; *в* — виды спереди и сверху; *г* — перспективы

Получить геликоид как solid-объект выдавливанием прямоугольника по спирали не удается ввиду неуправляемого вращения профиля в процессе его движения по направляющей. Для получения геликоида как сети потребуется построить четыре поверхности соединения и соответственно четыре винтовых линии — спирали.

В предыдущих версиях AutoCAD, например, R12, в комплект поставки входила программа spiral.lsp, с помощью которой наиболее просто получить винтовую линию. Если эта программа отсутствует, нанесите спираль на поверхность вспомогательного цилиндра подобно тому, как была построена спираль на сфере (см. рис. 12.3, *а*). Построим один виток внутренней спирали из 12 сегментов. Радиус спирали 30, высота 50 (см. рис. 12.5, *а*):

- перейдите в окно вида спереди; постройте ось и образующую цилиндра как два вертикальных отрезка высотой 50, расстояние между отрезками 30 единиц; задайте `SURFTAB1` = 12 и `SURFTAB2` = 12; постройте цилиндр командой `REVSURF`;
- установите режим визуализации `SHADEMODE` \ **Hidden**, перейдите на новый слой, установите привязку **Endpoint**; стройте спираль командой `SPLINE`, указывая узловые точки каркаса цилиндра. Для указания точек на обратной стороне цилиндра примените `3DORBIT`. В последней вершине выполните три правых щелчка для прерывания `SPLINE`.

Наружную спираль радиусом 60 создадим из внутренней спирали путем ее масштабирования в направлении осей *X* и *Y*:

- создайте из спирали блок и вставьте его, задав масштабы по *X* и *Y* равными 2, масштаб по *Z* равен 1. Вставку расчлените командой `EXPLODE`.

Для придания геликоиду толщины в 5 единиц скопируйте полученные спирали, подняв их вверх:

- `copy` \ укажите обе спирали \ ПЩ \ 0,0,5 \ ПЩ — получены четыре винтовые линии (см. рис. 12.5, *б*);
- задайте дискретность поверхности; для одного витка `SURFTAB1` задайте в интервале от 30 до 50;
- создайте новый слой, сделайте его текущим.

Постройте нижний, затем верхний геликоиды. Для нижнего в качестве направляющих укажите нижние винтовые линии, для верхнего — верхние. Указывать линии нужно с одного конца:

- `rulesurf` или **Draw** \ **Surfaces** \ **Ruled Surface** (Поверхность соединения) \ укажите нижнюю внутреннюю линию \ укажите нижнюю наружную линию — получена нижняя поверхность геликоида;
- аналогично постройте верхнюю поверхность геликоида, указав верхние винтовые линии;

- перейдите на следующий слой, заморозив предыдущий (иначе построенные геликоиды затруднят указание винтовых линий), и той же командой стройте внутренний и наружный торцы;
- разморозьте слои с нижним и верхним геликоидами;
- для получения нескольких витков скопируйте полученный виток вдоль оси *Z*.

Получите перспективные проекции (см. рис.12.5, *г*) и наглядные изображения командами `HIDE` и `SHADEMODE`.

12.4. Поверхность, заданная краями

Поверхность формируется командой `EDGESURF`. Создается сеть, натянутая на четыре отрезка пространственных линий. Сеть создается по определенным математическим закономерностям — как бикубическая поверхность (поверхность Кунса) при заданных граничных условиях. Изучите справочную информацию по поверхности и соответствующей команде.

Рассмотрим пример построения архитектурного свода [3] как поверхности, близкой к минимальной, т. е. имеющей наименьшую площадь при заданных границах (рис. 12.6). Такую форму имеет мыльная пленка, натянутая на проволочный каркас. Начнем с разметки и построения дуг, являющихся краями создаваемой поверхности:

- постройте параллелепипед размерами 80×80×30 (см. рис. 12.6, *а*);
- установите ПСК в плоскость передней грани параллелепипеда и постройте дугу по точкам 1, 4, 5. Точки указывайте объектной привязкой. Точки 1 и 5 — это угловые точки, точка 4 — середина ребра;
- постройте дуги на остальных боковых гранях параллелепипеда.

Получим в качестве вспомогательного примера поверхность, краями которой являются созданные четыре дуги (см. рис. 12.6, *б*):

- присвойте системным переменными `SURFTAB1` и `SURFTAB2` значения от 10 до 15;
- перейдите на другой слой;
- `edgesurf` или меню **Draw** \ **Surfaces** \ **Edge Surface** (По краям) (поверхность Кунса) \ последовательно укажите четыре дуги.

Результат

Получена куполообразная поверхность (см. рис.12.6, *б*). Если поверхность не создается, значит, края какой-то пары дуг не совпадают. При этом выводится сообщение об ошибке, в котором указаны несостыкованные края. Дуги требуется отредактировать, совместив их конечные точки с помощью объектной привязки.

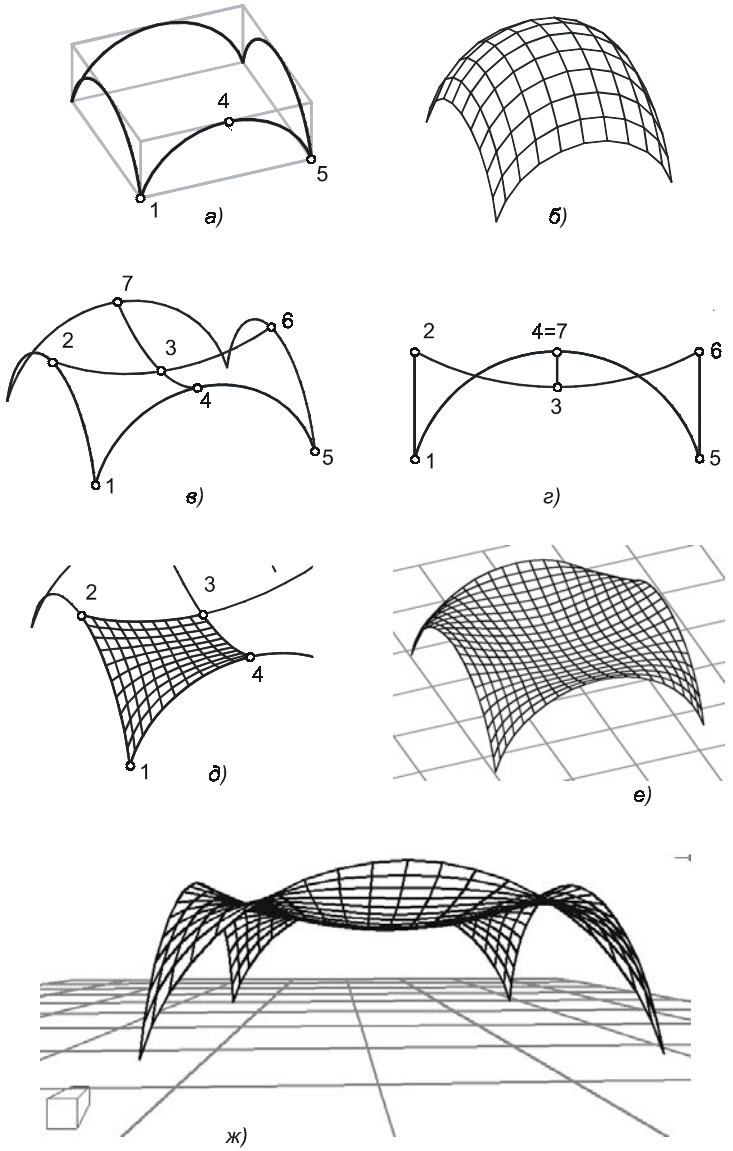


Рис. 12.6. Свод с минимальной поверхностью:
а — разметка краев; *б* — единая поверхность по заданным краям;
в — дополнительные дуги для задания прогиба; *г* — прогиб поверхности;
д — единичный отсек; *е* — составная поверхность; *ж* — перспектива

Полученный купол показал, что воспроизвести поверхность требуемой формы как единый объект не удается. Нужны иные граничные условия. Соста-

вим поверхность из четырех сегментов 1-2-3-4 (см. рис. 12.6, *в—д*). Краями каждого сегмента назначим половины дуг, построенных на гранях параллелепипеда, и половины дуг, расположенных в его серединных плоскостях. Для этого нужно разорвать уже полученные дуги в их вершинах и дополнительно построить две дуги в серединных плоскостях.

- Сотрите или заморозьте полученный купол.

Для построения первой серединной дуги:

- установите ПСК в серединную плоскость параллелепипеда;
- стройте дугу по точкам 2 и 6 и радиусу. Точки 2 и 6 — это середины дуг, лежащих на противоположных гранях разметочного параллелепипеда. Радиус подберите визуально в соответствии с желаемым прогибом поверхности, как показано на рис. 12.6, *г*. Можете задать направление прогиба в противоположную сторону и получить выпуклый свод.

Для построения второй серединной дуги:

- установите ПСК в ее плоскость и получите дугу по точкам 4-3-7. Каждую точку укажите как середину соответствующей дуги (объектной привязкой).

Имеющиеся дуги необходимо разорвать в их вершинах, применив команду BREAK:

- `break` \ на запрос "Select object:" укажите одну из дуг \ `F` (опция **First point**) \ укажите с объектной привязкой середину дуги \ на запрос "Specify second break point:" введите символ @;
- разорвите остальные три дуги, составляющие края сегмента.

Стройте поверхность сегмента:

- `edgesurf` \ указать четыре дуги 1-2, 2-3, 3-4, 4-1;

> ***Результат***
>
> Сегмент получен (см. рис. 12.6, *д*). Можете скорректировать плотность каркаса, изменив значения системных переменных и повторив построение.

- построенный сегмент размножьте по кругу командой ARRAY;
- постройте сетку "земли", получите перспективную проекцию (см. рис. 12.6, *ж*).

12.5. Моделирование рельефа. "Курорт в горах"

Рельеф воспроизводится как сеть, количество узлов которой определяется требованиями точности передачи рельефа. Сначала создают плоскую заготовку сети, затем редактируют высоты узловых точек.

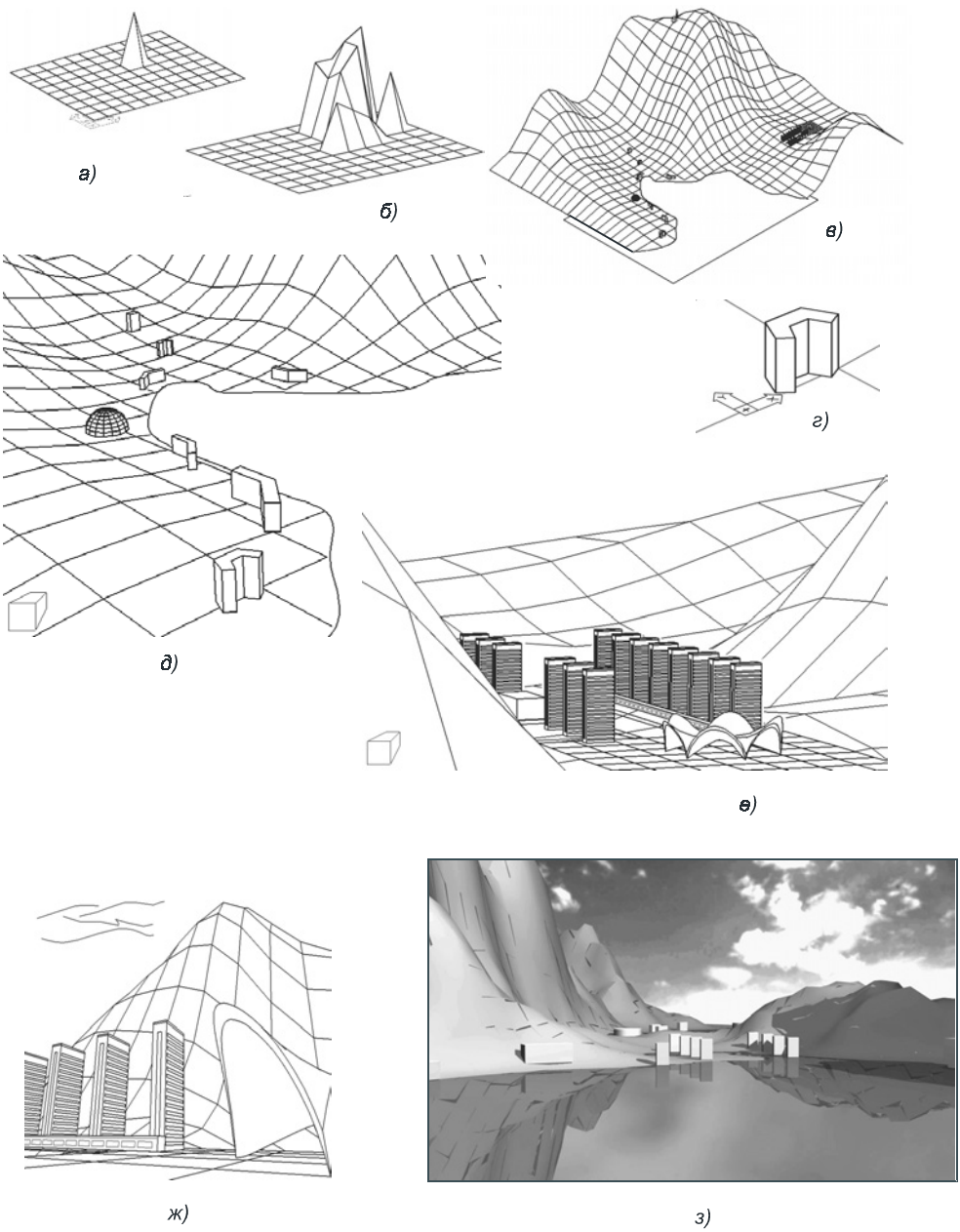


Рис. 12.7. "Курорт в горах": *а* — исходная сеть с корректировкой высоты одной вершины; *б* — формирование рельефа; *в* — сглаживание рельефа и формирование береговой линии; *г* — размещение объекта на рельефе; *д*, *е*, *ж* — перспективы; *з* — фотореалистичное изображение

Рассмотрим упрощенный пример построения рельефа, содержащего "горы и море" (рис. 12.7). В долине поместим курортный поселок — это может быть микрорайон, созданный в *гл. 11*. Изучим сглаживание сети, так называемую сплайн-аппроксимацию. Построим перспективы и выполним фотореалистичную визуализацию местности.

Исходная заготовка сети

Создается в окне вида сверху:

- `3d` \ **Mesh** \ первый угол 0,0 \ второй угол 100,0 \ третий угол 100,80 \ четвертый угол 0,80 \ размер сети в направлении M: 10 \ размер сети в направлении N: 12

В результате построена плоская сеть с почти квадратными ячейками (см. рис. 12.7, *а*).

Редактирование вершин

Переместить вершины на требуемую высоту можно с помощью ручек или командой `PEDIT`. Основной вариант — ручками:

- укажите сеть в окне вида сверху — в узловых точках сети возникли прямоугольники-ручки;
- укажите одну из ручек — ручка изменит цвет на красный. Ее видно в каждом из окон.

Чтобы перенести узловую точку сети вверх, например, на 50 единиц, введите из командной строки новые координаты этой вершины, задав их как приращение к первоначальному значению:

- @0,0,50.

В результате вершина будет поднята вверх на указанную высоту (см. рис. 12.7, *а*). По виду сверху убедитесь, что сеть осталась прямоугольной, т. е. координаты вершины *X* и *Y* не изменились.

Укажите другую вершину и задайте приращение ее координат. Переходя от вершины к вершине, стройте некоторый горный рельеф (см. рис. 12.7, *б*). Для выхода из режима ручек выполните <Esc>.

Если в окне аксонометрии повернуть ПСК вокруг оси *X* на 90° и включить режим **ORTHO**, то в этом окне вершины можно перемещать, буксируя их курсором мыши.

Сглаживание сети

Выполняется командой `PEDIT`. Вместо грубой исходной сети создается новая плавная сеть-сплайн. Необходимо задать тип сплайна и количество его ячеек. Предусмотрено три типа сплайна (квадратичный, кубический и Безье).

Тип определяется значением системной переменной SURFTYPE. Количество ячеек, заменяющее значение *m* исходной сети, задается системной переменной SURFU, а заменяющее *n* — переменной SURFV.

Применим квадратичный сплайн (этот тип установлен по умолчанию) с плотностью 30–50 по каждому направлению:

- surfu \ 30–50 \ surfv \ 30–50 \ pedit \ укажите сеть \ ПЩ \ задайте опцию **Smooth** (Сгладить).

Результат

Дискретная поверхность заменена плавным сплайном (см. рис. 12.7, *в*).

Чтобы продолжить создание рельефа, нужно, не прерывая команды PEDIT, убрать сглаживание опцией **Desmooth** (Убрать сглаживание) и вновь редактировать вершины, а затем повторить сглаживание. Можно освоить редактирование сглаженной сети ручками.

Море

Водную гладь воспроизведем плоскостью. Линия пересечения плоскости с рельефом определит береговую линию (см. рис. 12.7, *в*, *д*):

- перейдите в окно вида сверху и на новый слой;
- командой RECTANGLE постройте прямоугольник, края которого должны немного выступать за габариты сети. Преобразуйте прямоугольник в REGION;
- в окнах видов сверху и аксонометрии включите режим визуализации SHADEMODE \ **Hidden**. Задайте режим удаления невидимых линий с отображением линий пересечения (*см. разд. 4.3*);
- перейдите в окно вида спереди и увеличьте изображение в области основания сети, где находится плоскость "моря". Перемещая плоскость вверх, смотрите в окне вида сверху и аксонометрии изменение контура берегов.

Установив ПСК в плоскость "моря", береговую линию можно обвести как SPLINE.

Размещение объектов на рельефе

Увеличьте изображение в окне аксонометрии. Перенесите начало координат (ucs \ **Origin**) в область размещения объекта (см. рис. 12.7, *г*). При указании точки каркаса сети необходима объектная привязка **Intersection** или **Near** (Ближайшая). Оси *X* и *Y* системы координат должны остаться горизонтальными. В этой системе координат стройте упрощенную модель объекта (см. рис. 12.7, *г*, *д*). Соизмеряйте размеры объектов с размерами рельефа: длина одной ячейки сети соответствует на плане 300—500 м.

Создав объект, выполните команду `HIDE`. Объект, погруженный в рельеф, можно перенести вверх на 0.5—1 единицу: `move` \ указать объект \ ПЩ \ 0,0,1 — это вектор переноса \ ПЩ.

Для более точной установки объектов требуется строить поперечные сечения рельефа (см. ниже).

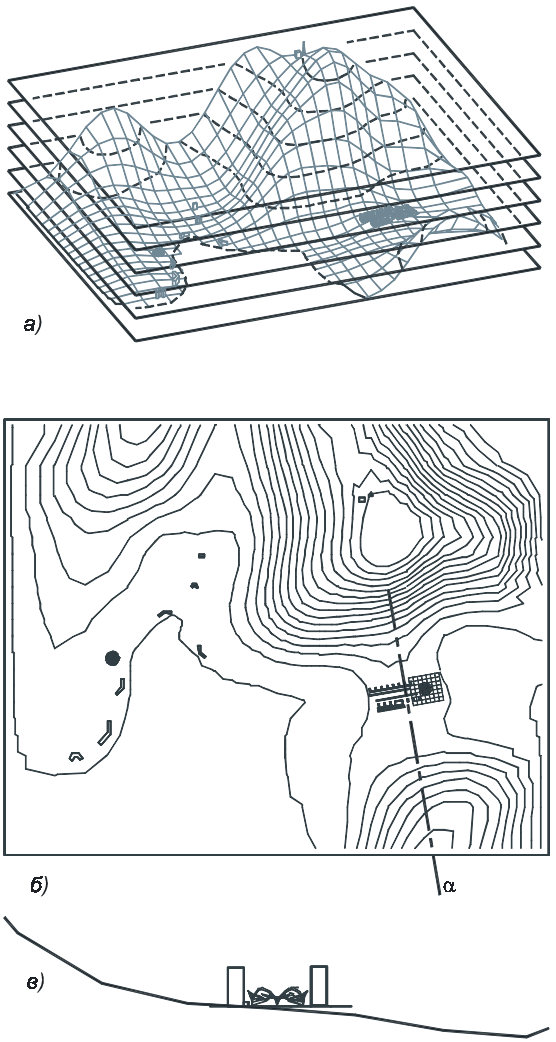


Рис. 12.8. Построение карты рельефа и его сечения:
а — массив вспомогательных плоскостей уровня; *б* — линии уровня;
в — поперечное сечение рельефа

Карта рельефа

Карту можно построить как результат пресечения горизонтальных плоскостей уровня с рельефом:

- создайте массив (ARRAY) горизонтальных плоскостей (REGION) как показано на рис. 12.8, *а*;
- настройте режим команды HIDE так, чтобы отображались невидимые линии и линии пересечения (*см. разд. 4.3*);
- создайте слой для карты рельефа и установите его как текущий;
- примените команду HIDE в окне вида сверху — получено изображение, содержащее сетку рельефа, объекты и линии уровня.

Полученное изображение следует отредактировать: убрать сетку рельефа, нанести высотные отметки и т. д.:

- избирательно заморозьте слой, на котором расположен рельеф, — сетка рельефа исчезла. В видовом окне остались изолинии и объекты, помещенные на рельеф на "своих" слоях;
- сохраните изображение видового окна в формате WMF (**File** (Файл) \ **Export** (Экспорт)), затем вставьте WMF-файл на свободное место листа, на новый лист или в новый файл (**Insert** \ **Windows Metafile**) — результат (см. рис. 12.8, *б*);
- расчлените вставку блока и поставьте высотные отметки.

Сечение рельефа

Позволяет уточнить его форму и размещение объектов. На рис. 12.8, *в* показано сечение плоскостью α, заданной поперек вставленного проспекта. Видны некоторые погрешности размещения — нависание части зданий, которые, в первом приближении, можно допустить. Можно выровнять площадку корректировкой вершин сети рельефа (моделировать земляные работы). Точное решение достигается при задании рельефа без применения сплайн-аппроксимации. О построении сечений см. *разд. 12.7*.

Вставка объектов из другого файла

На рис. 12.7, *е*, *з* показана вставка "микрорайона". Вставить объекты из одного файла в другой можно командой INSERT (*см. разд. 11.9*). Это основной вариант, который переносит объекты со всеми их свойствами, в частности, материалами и их координацией.

Более простой вариант — копирование через буфер памяти. Но он не передает материалы фотореалистичной визуализации. В этом варианте объект копируют в буфер: **Edit** (Редактирование) \ **Copy with Base Point** (Копирова-

ние с базовой точкой). Затем вставляют из буфера: **Edit \ Paste as Block** (Вставить как блок).

В обоих вариантах в файлах требуется согласовать системы координат, вставку первоначально выполнить в стороне от рельефа, привести в соответствие размеры объектов (поскольку построения могли выполняться в разных единицах), после этого объект перенести на рельеф с корректировкой положения на основе поперечных сечений.

Визуализация

В завершение работы постройте перспективы (*см. гл. 11*). Воспроизведите вид с горы на курортный поселок и из поселка на горы.

Получите фотореалистичное изображение как на рис. 12.7, *ж*. Для этого в соответствии с рекомендациями *гл. 7, 8* установите два-три источника света, один из которых должен создавать тень от гор на поселок и водную гладь. Поверхности воды присвойте зеркальный материал с небольшой рельефностью, выберите из библиотеки или создайте материалы для гор и объектов. Установите фон — облака. Можно создать туман.

Презентация

Создайте композицию видовых окон, содержащую перспективы, план, фотореалистичные изображения, карту рельефа и т. п.

12.6. Сечение сетевых поверхностей плоскостью

Сечение сети плоскостью можно создать командами `HIDE`, `DVIEW` или `3DORBIT`.

Сечение командой *HIDE*

Этот вариант был применен выше при построении карты рельефа. Последовательность действий следующая:

- командой `3DFACE` или `REGION` создайте секущую плоскость и установите вид в плане этой плоскости;
- создайте новый слой для линии сечения и установите его текущим;
- задайте режим команды `HIDE`, при котором создаются линии пересечения (*см. разд. 4.3*);
- примените команду `HIDE` — построена линия сечения. Можно удалить изображение секущей плоскости и объекта, с которого получено сечение, заморозив соответствующие им слои.

Линия сечения в видовом окне существует до первой перерисовки экрана. Сохранить линию пересечения можно в растровом формате командой SAVEIMG или в векторном формате WMF (см. пример построения карты рельефа).

Сечение командой *DVIEW*

Рассмотрим пример построения сечения рельефа, выполняемого с целью корректировки положения размещенного на нем объекта (см. рис. 12. 7, *в*):

- задайте ПСК по плоскости сечения. Для этого перенесите начало координат в точку сечения (ucs \ Or). Поверните ПСК вокруг оси *Z*, направив ось *X* по направлению сечения (ucs \ **Z** \ укажите точку, определяющую направление оси *X*). Поверните ПСК вокруг оси *X* (ucs \ **X** \ 90);
- задайте значение системной переменной WORLDVIEW равным 0. В этом случае точки камеры и цели назначаются относительно ПСК (а не МСК, что имеет место по умолчанию);
- dview \ укажите рельеф и корректируемый объект \ ПЩ \ опция **Points** (Точки) \ "Точка цели:" 0,0 \ "Точка камеры:" 0,0,1 — установлено изображение в плане секущей плоскости \ опция **Clip** (Сечение) \ **Front** (Передняя плоскость) \ **Distance from Target** (Расстояние до цели) задайте равным 0 \ **Clip** \ **Back** (Задняя плоскость) \ **Distance** (Расстояние) задайте равным 0 \ **Hide** — видна линия сечения и рассеченный объект \ ПЩ — покиньте команду;
- выполните команду HIDE — получена непрерывная линия среза поверхности и объекта;
- скорректируйте размеры изображения и повторите команду HIDE.

На основе сечения можно уточнить положение объекта относительно рельефа, устранить нависание или заглубление. Для этого нужно переместить объект в окне сечения. Если объект составной, то предварительно конвертируйте его в блок.

При построении сечения может потребоваться передать глубину рассекаемого объекта. Например, секущая плоскость прошла вдоль проспекта, дома на изображении сечения оказались не видны, что затрудняет восприятие и корректировку объекта на рельефе. В этим случае нужно повторить команду DVIEW и подобрать расстояние передней и задней секущих плоскостей от средней плоскости сечения. Сечение будет не идеально тонким, а как срез некоторой толщины.

Сечение командой *3DORBIT*

- Установите в видовом окне вид, при котором плоскость экрана параллельна плоскости сечения.

- `3dorbit` \ ПЩ \ **More** \ **Adjust Clipping Planes** (Настроить плоскости сечения) — возникло окно настройки сечения.
- В окне настройки сечения укажите кнопку — **Adjust Back Clipping** (Настроить заднюю плоскость) и кнопку — **Back Clipping On** (Включить заднюю плоскость).
- Перемещая курсор в окне настройки сечения в вертикальном направлении, следите за тем, как срезается часть поверхности, расположенная за плоскостью сечения.
- Указав кнопки и , и, перемещая курсор, задайте положение передней секущей плоскости.
- Сомкните секущие плоскости, образовав идеально тонкий срез поверхности; зафиксируйте взаимное положение секущих плоскостей, указав кнопку .
- Перемещая плоскости, следите за изменением линии сечения.
- Установив сечение, закройте окно — П-щелчок и **Close** (Закрыть).
- Завершите `3dorbit` — в окне осталась линия сечения в виде набора точек.
- Для визуализации сечения в виде непрерывной линии примените команду `HIDE`.
- Сохраните вид в окне — это позволит запомнить линию сечения.

Отключить сечение

Восстановить исходное изображение в видовом окне после применения команд `DVEW` или `3DORBIT` можно каждой из этих команд. Первый вариант:

- `dview` \ укажите линию сечения \ ПЩ \ вызовите последовательно опции **Clip** и **Off**.

Или второй вариант:

- укажите кнопку \ ПЩ \ **More** \ **Back Clipping On** \ **Front Clipping On** \ **Exit**.

Сохранить сечение

Можно сохранить сечение как поименованный вид, как файл формата WMF или растровое изображение.

12.7. Визуализация функции двух переменных

Моделирование поверхностей сложной формы осуществляется при программном формировании сетей [6, 7]. AutoCAD обладает "собственным" языком программирования AutoLisp и редактором Visual Lisp. Учебник программирования прилагается в составе справочной информации пакета.

В данном разделе рассмотрен пример, не требующий знания языка AutoLisp, хотя навыки программирования должны быть. Внимательно набрав текст небольшой программы, вы получите возможность визуализировать функцию вида $z = f(x, y)$, т. е. построить поверхность, соответствующую уравнению той или иной функции. С помощью программы можно "путешествовать" по области определения функции или изучить влияние ее параметров. Перед вами откроется красота математических образов.

Программа визуализации

Приведенная ниже программа[1] имеет три функции-подпрограммы. Функция `fp1` содержит уравнение исследуемой поверхности и возвращает результат вычислений координаты `z` в зависимости от текущих значений координат `x`, `y`. Функция `getdat` запрашивает данные — границы прямоугольника из области определения функции, параметры функции и плотность сети. Функция `fplot` строит сеть по координатам ее узловых точек. Главная функция `c:fp` вызывает функции-подпрограммы и визуализирует построенную сеть.

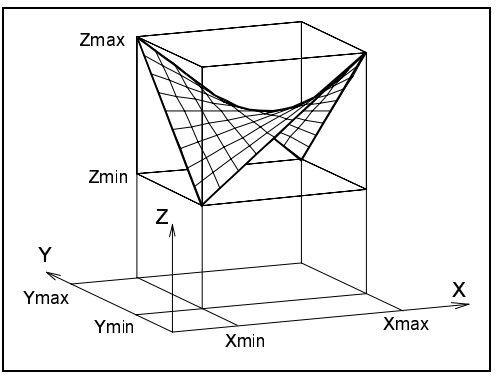


Рис. 12.9. Граничные параметры визуализируемой поверхности

[1] Программа составлена на основе известной программы fplot.lsp.

Наглядность визуализации в значительной мере определяется пропорциями параллелепипеда, в который поверхность может быть вписана (рис. 12.9). Оптимальные результаты достигаются, если высота параллелепипеда составляет 0.31 от его длины. При меньших значениях поверхность теряет рельефность, при бóльших — не просматриваются впадины. Для корректировки относительной высоты поверхности в программе предусмотрен масштабный множитель k, подбираемый пользователем. При k = 1 поверхность отображается в истинном виде.

Важно правильно задать количество узлов (плотность) сети nx и ny по каждому из ее направлений. При недостаточной плотности поверхность визуализируется с грубыми изломами. Оптимальное количество узлов составляет 40—60. В приведенном варианте программы принято nx = ny (листинг 12.1).

Листинг 12.1. Программа визуализации функции *z* = *f*(*x*, *y*)

```
;;;=======================================
;;;Вычислить значение визуализируемой функции
(defun fp1 ( )
  (* x x (- (* 2 y y) 0.5))         ;визуализируемая функция
)
;;;Ввод данных
(defun getdat ( )
       (setq xmin (getreal "\nЗадайте XMIN= ")
             xmax (getreal "\nЗадайте XMAX= ")
             ymin (getreal "\nЗадайте YMIN= ")
             ymax (getreal "\nЗадайте YMAX= ")
             k    (getreal "Задайте коэфф. масштабирования по Z= ")
;;;          n    (getreal "\nКол-во колебаний= ");параметр для седла
             nx   (getint "\nЗадайте размер  сети  = ")
             ny   nx ;здесь можно организовать запрос ny независимо от
                      nx
       )
)
;;;Построение сети
(defun fplot ()
  (setqstepx (/ (- xmax xmin) (1- nx))     ;шаг перемещения по строке
       stepy (/ (- ymax ymin) (1- ny))     ;шаг по столбцу
  )
  (command "3dmesh" nx ny)          ;начать построение сети
  (setq x xmin)
```

```
  (repeat nx                          ;цикл по строке
    (setq y ymin)
    (repeat ny                        ;цикл по столбцу
      (setq p (list x y (* k (fp1))));координаты узловой точки сети
      (command p)            ;передать точку команде построения сети
      (setq y (+ y stepy))            ;перемещение по стобцу на шаг
    )
    (setq x (+ x stepx))              ;перемещение по строке на шаг
  )
)
;;;Главная функция
(defun c:fp ()
  (setvar "cmdecho" 0)                ;отключить эхо-вывод
  (getdat)                            ;ввод  данных
  (fplot)                             ;построение сети
  (command "view" "swiso")            ;отобразить построение в изометрии
  (setvar "cmdecho" 1)                      ;восстановить эхо-вывод
)
(princ "\n Для запуска введи fp")       ;сообщение при загрузке программы
(princ)
```

Отладка и тестирование программы

Рассмотрим последовательность отладки программы на примере визуализации несложной степенной функции (рис. 12.10). Для набора текста программы вызываем редактор Visual Lisp:

- `vlide`, `vlisp` или пункт меню **Tools** \ **AutoLisp** \ **Visual Lisp Editor** (Редактор Visual Lisp) — произошла загрузка и открылось окно редактора Visual Lisp.

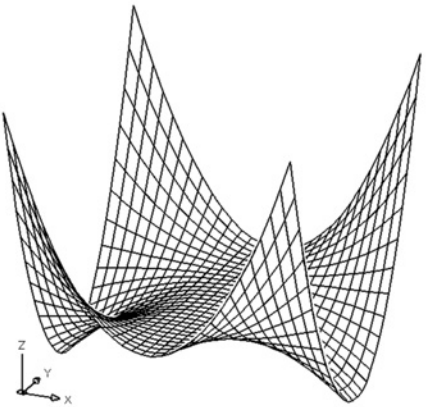
Создаем файл программы. Для этого в редакторе Visual Lisp выполните следующее:

- **File** (Файл) \ **New File** (Новый файл) — возникло текстовое окно с именем **Untitled** (Безымянный);
- **File** \ **Save** (Сохранить) \ сохраните файл в своей директории, дав ему имя, например, my_surf.

Результат

В левом верхнем углу текстового окна показано имя файла my_surf. lsp.

$$z = x^2 \cdot (2y^2 - 0.5)$$



$-1 \le x,y \le 1$

Рис. 12.10. Тестирование программы визуализации

Наберите текст программы. Имена функций, переменных и числа необходимо разделять как минимум одним пробелом. После набора текста программы ее необходимо проверить на отсутствие синтаксических ошибок:

❐ укажите кнопку панели инструментов.

Результат

Возникло окно **Build Output** (Проверка синтаксиса). При отсутствии синтаксических ошибок в тексте программы выведено сообщение "Check done" (Проверка завершена). Иначе выводится сообщение с указанием ошибки, например, "error: malformed list on input" (недостает правой скобки), "extra right paren on input" (лишняя правая скобка), "malformed string on input" (пропущена кавычка) и т. д. Найдите и устраните ошибки.

Набранную и проверенную на синтаксис программу необходимо загрузить:

❐ укажите кнопку .

Результат

Произойдет загрузка программы. Откроется окно Visual Lisp Consol, в котором приведено сообщение по результату загрузки:

```
Для запуска введи fp
; 6 forms loaded from #<editor (и далее полное имя файла программы)
```

Первая строка сообщения определена функцией `princ` (см. последнюю строку текста программы). Вторая — сообщает об успешной загрузке программы.

Выполним программу:

- перейдите в графический редактор;
- введите из командной строки команду `fp`;

> ***Результат***
>
> Начался диалог, в ходе которого требуется из командной строки ввести запрашиваемые параметры.

- задайте значения `xmin` = –1, `xmax` = 1, `ymin` = –1 и `ymax` = 1, коэффициент масштабирования = 1, размер сети 50.

В результате сеть построена (см. рис. 12.9).

При выполнении программы может возникнуть сообщение о новых ошибках, из-за которых выполнение прерывается. Чтобы найти и устранить эти ошибки, применим один из режимов отладки программы. Укажите в выпадающем меню редактора Visual Lisp:

- **Debug** (Отладка) \ **Animate** (Анимация) — включен режим отладки;
- **Tools** \ **Environment Options** (Параметры окружения) \ **General Options** (Общие параметры) \ **Diagnostic** (Диагностика) \ задайте **Animation delay** (Задержка анимации) равным от 0.5 до 1.

Выполняем программу в режиме отладки:

- введите в командной строке `fp`. Задайте параметры. При отладке размер сети следует уменьшить до 510.

> ***Результат***
>
> Происходит выполнение программы в замедленном режиме. Выполняемые функции последовательно высвечиваются в тексте программы. В случае ошибки анимация прерывается, ошибочная строка текста остается выделенной.

Сопоставьте текст набранной программы с контрольным, обратив внимание на выделенную строку, поймите и устраните ошибку. Чаще всего это ошибка в уравнении функции, пропущенный пробел, неправильно набранное имя функции или переменной.

Исправив текст, заново загрузите программу и выполните ее. Повторяйте это до тех пор, пока на экране не возникнет грубое изображение сети, означающее, что программа работает!

- Повторите визуализацию, задав размер сети равным от 30 до 50. Позднее его можно еще увеличить.
- Скройте невидимые линии — изображение соответствует рис. 12.10.

- Визуализируйте сеть в режиме SHADE. Командой 3DORBIT осмотрите поверхность.

Чтобы понять роль коэффициента масштабирования, рассмотрим ту же функцию на более широком участке области ее определения:

- сотрите ранее полученное изображение или перейдите на другой слой, заморозив слой с предыдущим изображением;
- вновь введите из командной строки команду fp и новые границы: xmin = 0, xmax = 3, ymin = –3 и ymax = 3. Введите предварительное значение k = 1 и размер сети 40.

  Результат

  Получена поверхность той же функции при новых параметрах. Поверхность чрезвычайно вытянута по высоте, поскольку значения функции на границе прямоугольника области определения на порядок превышают размеры этого прямоугольника.

- Для достижения наглядного результата повторите построения на той же области определения, задав значения k в интервале от 0.03 до 0.05 — наглядность восстановлена.

Примеры визуализации

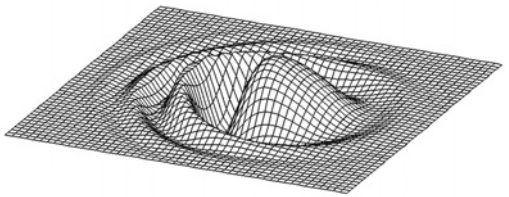
На рис. 12.11 показаны примеры визуализации различных функций. Для функции (см. рис. 12.11, *а*), воспроизводящей косой удар камня по воде, наглядно видны асимметрия волны в направлении удара и затухание амплитуды волны по мере удаления от центра. Для повторения примера необходимо в функции fp1 заменить уравнение на следующее:

```
(/ (cos (+ (expt (1- x) 2) (expt y 2))) (exp (/ (+ (* x x )(* y y)) 3)))
```

Функция на рис. 12.11, *б* воспроизводит образ "горной страны" — вздымающиеся над океаном скалы, предгорья, заливы. Визуализированы два фрагмента области определения. В этом примере необходимо функцию fp1 записать следующим образом:

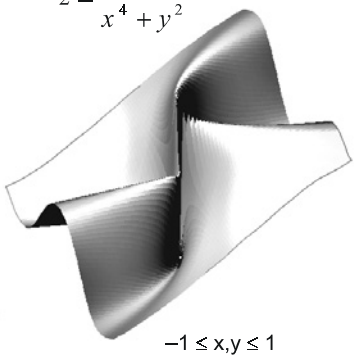
```
(defun fp1 ( )
  (setq z
   (/ (* (sin (* x x))(cos (- (* x x) (* y y)))) (+ (expt x 4) (expt y 2) 4))
  )
  (if (< z 0)(setq z 0) z)          ;обрезеть сеть ниже уровня моря
)
```

$$z = \exp(-(x^2 + y^2)/3) \cdot \cos((x-1)^2 + y^2)$$



$-4 \le x, y \le 4$

$$z = \frac{x^2 \cdot y}{x^4 + y^2}$$

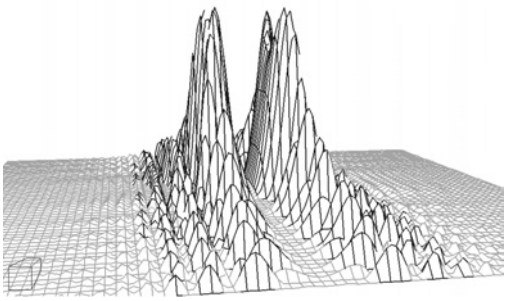


$-1 \le x, y \le 1$

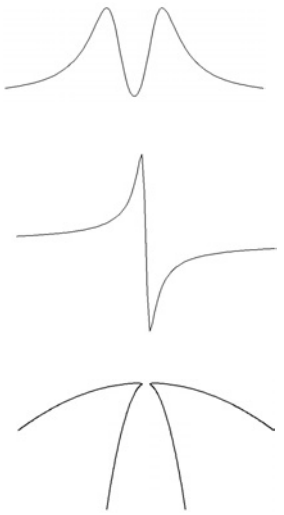
а)

$$a = \frac{\sin x^2 \cdot \cos(x^2 - y^2)}{x^4 + y^2 + 4}$$

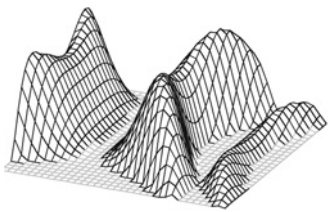
$$z = \begin{cases} a, & \text{если } a > 0 \\ 0, & \text{если } a \le 0 \end{cases}$$



$-5 \le x \le 5;\ -7 \le y \le 5$



в)



б)

$-1 \le x \le 2.5;\ -2 \le y \le 1.5$

Рис. 12.11. Примеры визуализации функций и соответствующие им сюжеты:
а — косой удар по воде; *б* — горная страна;
в — разрывная поверхность и ее сечения вблизи точки разрыва

Изображение "горной страны" особенно красиво, если морю и горам придать соответствующий цвет или материал. Для этого сеть можно взорвать; сеть распадется на грани, цветом котрых можно управлять дифференцированно. Возможно и программное управление цветом ячеек сети без ее разрушения [7].

На рис. 12.11, *в* показана "математическая катастрофа" — степенная функция, имеющая в точке (0,0) разрыв по значению и по производным. Командой `3DORBIT` (*см. разд. 12.7*) получены характерные сечения поверхности вблизи точки разрыва. Уравнение "катастрофы" на языке AutoLISP имеет вид:

```
(/ (* x x y) (+ (expt x 4) (* y y)))
```

На рис. 12.12 показано исследование поверхности, образованной вращением параболы $z = k \cdot r^2$ вокруг оси *Z*. Особенность поверхности состоит в том, что коэффициент k изменяется в зависимости от угла поворота φ плоскости параболы по уравнению $k = \cos(n \cdot \varphi)$, т. е. точки параболы при ее вращении совершают колебания относительно плоскости *XOY*. Параметр *n* задает количество колебаний, приходящееся на полный оборот. Выразив *r* и φ для поверхности вращения как $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, $\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{y}{x}\right)$, получим уравнение поверхности, приведенное на рис. 12.12.

Для построения рассматриваемой поверхности в функции `fp1` программы визуализации замените выражение на следующее:

```
(* (cos (* n (atan y x)))  (+ (* x x) (* y y)))
```

В функции `getdat` добавьте (найдите по тексту и раскомментируйте строку) запрос значения параметра *n*.

Поверхность визуализирована на прямоугольнике $-1 \le x, y \le 1$. При $n = 0$, т. е. отсутствии колебаний, получаем параболоид вращения (см. рис. 12.12, *а*). Одно колебание приводит к поверхности, симметричной относительно оси *Y* (см. 12.12, *б*). При дробных значениях n появляется линия излома (например, см. рис. 12.12, *в*) или разрыва. Рекомендуем изучить эту линию, построив поверхность при значениях *n*, равных 0.5, 0.75, 2.5 и т. д. При двух колебаниях образуется поверхность, напоминающая седло — гиперболический параболоид (см. 12.12, *г*). При трех колебаниях поверхность имеет три склона (см. 12.12, *д*), ее называют "обезьяньим седлом" [2, 4], поскольку она имеет не только склоны для ног, необходимые для верховой езды человека, но и симметрично расположенный склон для хвоста обезьяны. При дальнейшем увеличении *n* (см. рис. 12.12, *е*) возникают поверхности, которые можно применить при моделировании архитектурных сводов.

$$z = \cos\left(n \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{y}{x}\right)\right) \cdot (x^2 + y^2)$$

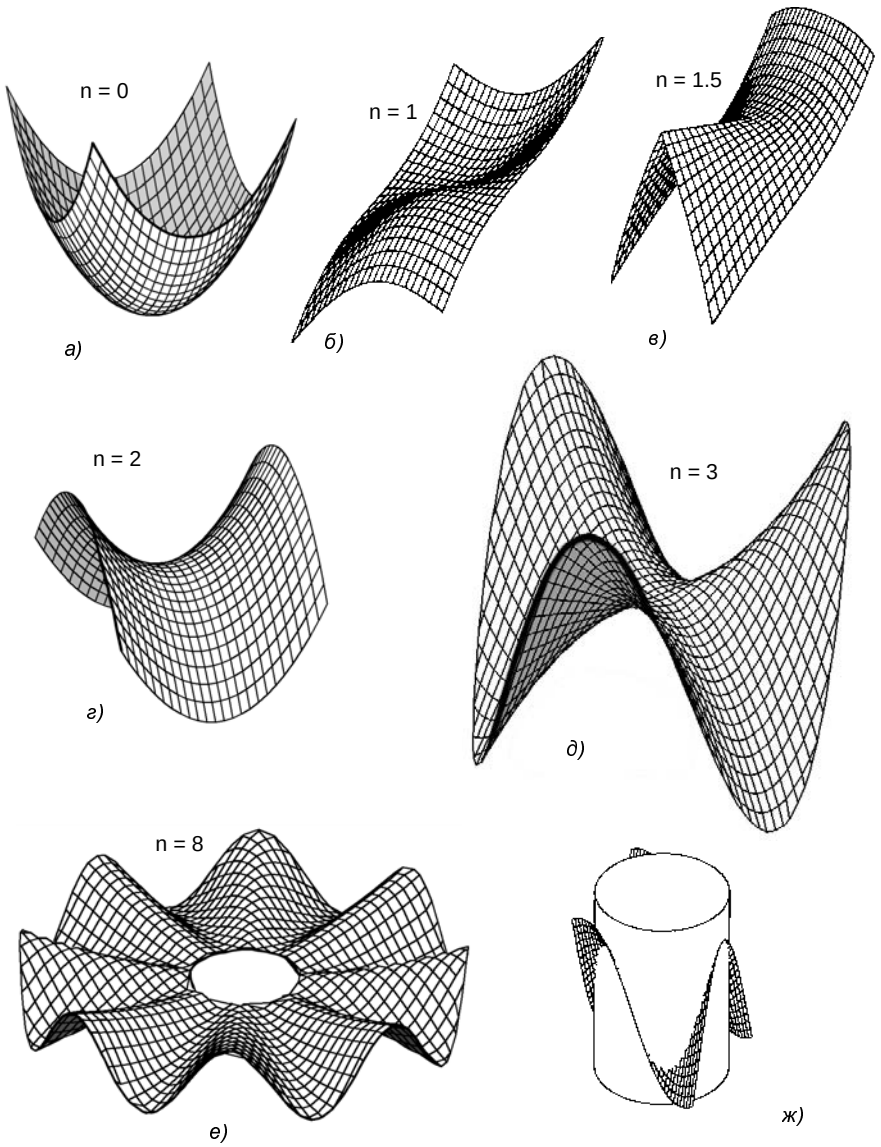


Рис. 12.12. Влияние параметра *n* на вид поверхности (*а*—*е*) и схема обрезки контура сети поверхностью цилиндра (*ж*)

Исследование функции

Предварительно убедитесь в надежности работы программы визуализации, отладив ее как сказано выше.

Подберите интересную функцию. Это может быть уравнение из курса математики, физики, специальной дисциплины.

В соответствии с приведенными выше примерами составьте арифметическое выражение для выбранной функции. Здесь важно соблюдать несложные правила: иерархию скобок, помнить что в отличие от других языков сразу после открывающей скобки приводится имя функции, затем ее параметры, знать имена функций. Могут понадобиться следующие функции:

- операторы `+`, `-`, `*`, и `/`;
- тригонометрические функции `sin`, `cos`, `atan`;
- степенные и показательные функции `exp`, `expt`, `log`;
- абсолютная величина — abs.

Наберите имя функции в окне редактора Visual Lisp — имя должно выделиться синим цветом, это указывает, что функция базовая и имя ее набрано верно. Установите курсор на имя функции и укажите кнопку — выйдет справочная информация по функции с примерами ее применения.

Составленное выражение внесите в функцию `fp1` программы визуализации, заменив выражение ранее внесенной функции.

Исследование функции можно вести по двум направлениям. Первое — изучать "поведение" функции в различных участках области ее определения (см. рис. 12.11, *б*). Второе — изучать влияние параметров функции (см. рис. 12.12). Исследование можно дополнить построением сечений получаемых сетей.

Выполненное исследование следует представить в виде композиции, содержащей уравнение функции, 3—5 изображений аналитической поверхности, полученных в режиме фотореалистичной визуализации с присвоением материала, фона, света и тени, интересные сечения поверхности.

12.8. Обрезка сетей

Для применения сетей, в частности, аналитических поверхностей, необходимо иметь возможность вырезать из сети произвольный участок по контуру сопряжения с окружающими объектами или прорезать в сети отверстия. В AutoCAD такие операции с сетями не предусмотрены (хотя имеются программы, написанные на AutoLISP, позволяющие это сделать).

Указанные задачи можно решить путем экспортирования сети в пакет 3ds max и выполнения над ней логической операции (Boolean) с дополнительным

объектом. Для обрезки по контуру нужна операция **Intersection** (Пересечение), для выполнения отверстий — **Subtraction** (Вычитание). Дополнительный объект можно создать как solid-объект AutoCAD или объект 3ds max.

На рис. 12.12, *д*, *е*, *ж* показаны поверхности, обрезанные по контуру цилиндра, и размещение объекта, выделяющего необходимую часть сети или удаляющего эту часть. Таким граничным объектом может быть цилиндр, сфера и любой другой замкнутый объект.

Приведем последовательность действий по обрезке контура сети или выполнения в ней отверстия.

Начало в AutoCAD:

- создайте граничный solid-объект; для гладкости границ среза установите значение системной переменной FACETRES равным 5—8; сеть и граничный объект желательно разместить на разных слоях;
- экспортируйте объекты в 3ds-файл: **File** \ **Export** \ задайте тип файла **3ds** \ присвойте файлу имя \ укажите экспортируемые объекты — сеть и граничный объект \ согласитесь с остальными предложениями — создан 3ds-файл.

Переходим в пакет 3ds max:

- **File** \ **Import** \ укажите 3ds-файл — объекты загружены;
- укажите обрезаемую сеть — она должна выделиться;
- **Create panel** \ укажите (**Geometry**) \ **Compound Objects** (Составные объекты) \ **Boolean** (Логические) \ в средней части свитка задайте операцию **Intersection** (Пересечение) или **Subtraction A-B** (Вычитание) \ укажите в свитке кнопку **Pick Operand B** (Подобрать операнд B) \ укажите граничный объект — операция выполнена;
- сохраните результат в формате DWG: **File** \ **Export** \ задайте тип файла **dwg** \ задайте имя файла \ согласитесь с предложениями.

Полученный файл можно вновь загрузить в AutoCAD.

Литература

1. Аммерал Л. Интерактивная трехмерная машинная графика. — М.: Сол Систем, 1992. — 317 с.
2. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. — М.: Наука, 1981. — 343 с.
3. Короев Ю. И. Начертательная геометрия. — М.: Стройиздат, 1995. — 415 с.
4. Левитин К. Е. Геометрическая рапсодия. — М.: Знание, 1984. — 176 с.
5. Полещук Н. Н. AutoCAD 2004. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 800 с.
6. Полещук Н. Н. AutoCAD 2004: Разработка приложений и адаптация. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 600 с.
7. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. — М.: Диалог МИФИ, 2002. — 432 с.
8. Хейфец А. Л., Логиновский А. Н., Буторина И. В., Дубовикова Е. П.. 3D-технология построения чертежа. AutoCAD: Учебное пособие / Под. ред. А. Л. Хейфеца. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. — 79 с. (готовится издание в СПб.: БХВ-Петербург, 2004).

Предметный указатель

3

3D 263, 277
3D Orbit 91
3DFACE 278
3DMESH 277
3DORBIT 58, 259, 263, 298
3DPOLY 207

A

ACI 160
Adjust Back Clipping 187
Adjust Bitmap 169
Aerial View 29
Altitude 151
Ambient Light 158
Anti-Aliasing 148
AREA 225
ARRAY 27
Attenuation 156
AutoLisp 300
Azimuth 150

B

Block 77, 249, 250
By ACI 160
By Layer 160
BYLAYER 52

C

CAMERA 260
Contour Lines per Surface 208
Copy with Base Point 218
Customize 57
CVPORT 144

D

DDVPOINT 90
Diameter 45
DIMDISASSOCIATE 44
Dimension 43
Dimension Style Manager 74
DIMRADIUS 45
DIMSTYLE 74
Distant Light 150
Drafting Settings 18
DRAGMODE 23
Drawing Limits 64
DSVIEWER 29
DTEXT 48, 72
DVIEW 216, 256, 298

E

EDGE 278
EDGESURF 289
ERASE 20
EXTEND 37
EXTRUDE 196, 200

F

Falloff 157
FILLET 212
Fog / Depth Cue 187
Freeze 51

G

GRID 18

H

Hatch 49
HATCHEDIT 49
Help 14
HIDE 88, 297
HLS 165
Hotspot 157

I

IMAGEATTACH 191
INSERT 70, 274
Intersect 198

L

Landscape Edit 186
Landscape Library 186
Landscape New 185
Layer 51, 136
LAYOUT 129
Line 8
Linear 44
Lines and Arrows 74
Linetype 50
Lineweight 35
LIST 46, 52
Load Application 144
LWT 35, 72

M

Mapping 173
Mass Properties 226
MASSPROP 225
Materials 160
Materials Library 159
Mesh 278
meshes 193
MLINE 54
MLSTYLE 54
MODEL 133
MODEL-PAPER 133
Modify 23
MOVE 23
MREDO 22
MTEXT 48
Multiline 54
MVSETUP 139

N

Named UCS 114
Named Views 113
North Location 151

O

Options 56, 129
ORTHO 17
OSNAP 36
OTRACK 67

P

Page Setup 128
PAN 26
PAPER 133
PEDIT 53, 217
Photo Raytrace 167
Plot 79, 80, 130
Plot Device 130
Plot Settings 79
Plot to File 79, 80
Point Light 154
POLAR 34
POLYGON 27
Polyline 53
Preview Hatch 49
Primary Units 75
Projection 173
Properties 24, 47

R

Ray Traced Shadows 152
Rectangular Array 27

REGEN 88
REGION 55
Render 162
Render Options 161
Render Window 161
Rendering Type 147
REPLAY 188
Reuse Window 162
REVSURF 279
RGB 165
RULESURF 286

S

Save 30, 43
SAVEIMG 190
Scale 70
Scale U 169
Scale V 169
Scenes 155
SECTION 198, 199
Selection 57
Shade 89
Shaded Viewport Options 143
SHADEMODE 89
Shadow Volumes 153
Shadows 152
Shell 208
Single Line Text 48
SLICE 198, 199
SNAP 17
SOLDRAW 230
SOLIDEDIT 193, 200
solids 193, 194
Solids Editing 194, 200
solid-модель 227
solid-объект 193
SOLPROF 229
SOLVIEW 230
SPLINEDIT 55
Spotlight 157
STANDARD 47
Startup 5
Style 45
SUBTRACT 196
SURFTAB1 279
SURFTAB2 279
SURFTYPE 294
SURFU 294
SURFV 294
SW-Isometric 85
System 57

T

TABSURF 279
Texture Maps Search Path 189
TOOLBAR 57
Toolbars 10

U

UCS 10, 39, 40
Ucsicon 40, 95
UCSVP 97
UNDO 22
UNION 194, 195
Use Auto Axis 171
User Preferences 57

V

Viewports 137
Visual Lisp 302
VPCLIP 134
VPORTS 138

W

WORLDVIEW 258

Z

ZOOM 25

А

Абсолютные декартовы координаты 32
Абсолютные полярные координаты 34
Ассоциативные размеры 44
Атрибут 76

Б

Блок 76, 249

В

Варианты выполнения чертежа 61
Вид 113
Визуализация:
  Photo Raytrace 146
  Photo Real 146
  Render 146
Возобновление команды 8
Выбор панели инструментов 10
Выносной элемент 67

Г

Гарнитура шрифта 47
Глубина цветопередачи 163
Грань 278
Графическое окно 6

Д

Дежурное видовое окно 86

З

Закладки 128
Закраска 89
Замораживание слоев 135

И

Интенсивность освещения 156
Источники света 149

К

Кадрирование 276
Командная строка 6
Комбинированный метод 34
Композиция 126
Координация объекта 172
Косая плоскость 214, 278

Л

Ландшафт 185
Лимиты чертежа 84
Линейный масштаб 75
Ломаная линия 53

М

Материал 159
Мировая система координат, МСК 38

Н

Непрерывное вращение 93

О

Обзорная перспектива 263
Область 55
Объектная привязка 35, 93
Ортогональная проекция 122
Основной цвет 165
Относительные декартовы координаты 33
Относительные полярные координаты 33

П

Панели инструментов 10
Панорамирование 26
Перспектива 254
Пиксел 163
Пиктограмма осей 95
Плоский контур 40

Плотность растра 163
Полилиния 53
Полисети 277
Пользовательская система координат 39
Полярные координаты 33
Последовательность построения 60
Проецирование изображения 172
Прожектор 156
Пространство:
  листа 61, 126
  модели 61, 126
Протокол работы 6
ПСК 39
Пуансон 210
П-щелчок, ПЩ 13

Р

Размерные параметры 44
Разовый режим привязки 36
Разрез 198
Разрешение 163
Рамка выбора 21
Редактирование 23
Режим:
  общего вида 26
  пространства листа 7
  пространства модели 7
  реального времени 26
  сетки 18
Режимы:
  начала работы 5
  отображения координат 31
  привязки 36
Резиновая нить 8
Резьба 72
Ручки 35

С

Сглаживание 148
Секущая рамка 21
Сетевые объекты 87
Сеть 277
Сечение 198
Систему команд 11
Слой 51
Сплайн 54
Сплошные объекты 87
Справочная система 14
Сцена 155

Т

Твердотельные объекты 87
Текстовое окно 6
Текстурированный материал 167
Толщина линии 34
Трехмерные координаты 34
Туман 186

Ф

Формат 69

Ц

Цвет линий 19

Ш

Шаговая привязка 17
Штамп 70
Штриховка 48