

В. В. САМСОНОВ, Г. А. КРАСИЛЬНИКОВА

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

Допущено

Учебно-методическим объединением

*по образованию в области автоматизированного машиностроения
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»,
«Автоматизированные технологии и производства»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2008

УДК 621.391(075.8)

ББК 32.81я73

С178

Рецензенты:

доц. кафедры 404 МАИ, канд. техн. наук *Ю. В. Чайка*;
зав. кафедрой инженерной машинной графики Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, проф., д-р техн. наук *В. М. Дегтярев*;
проф. кафедры инженерной и машинной геометрии и графики
БГТУ (ВОЕНМЕХ), канд. техн. наук, доц. *С. Н. Абросимов*

Самсонов В. В.

С178 Автоматизация конструкторских работ в среде Компас-3D : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Самсонов, Г. А. Красильникова. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 224 с.

ISBN 978-5-7695-2781-4

Рассмотрены вопросы создания конструкторской документации в среде известной российской системы Компас-3D. Основное внимание уделено методике выполнения чертежно-графических работ и создания «трехмерных» моделей деталей и сборочных единиц на базе параметрической технологии. Содержатся упражнения для приобретения навыков конструкторской работы в автоматизированной среде методом «снизу вверх» (используя готовые чертежи деталей) и методом «сверху вниз» (выполняя чертежи деталей по чертежу механического устройства).

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.391(075.8)

ББК 32.81я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Самсонов В. В., Красильникова Г. А., 2008

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-2781-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Компас-график как электронный кульман для разработки конструкторских документов	5
1.1. Управление системой	5
1.1.1. Отличия в изображениях рабочих экранов разных версий	5
1.1.2. Помощь при работе	6
1.1.3. Настройка пользовательских панелей	7
1.1.4. Управление изображением на экране	10
1.1.5. Использование контекстного меню	11
1.2. Графический редактор	11
1.2.1. Настройка параметров вспомогательных инструментов ...	11
1.2.2. Системы координат в Компас-график	13
1.2.3. Создание ЛСК и работа с ней	13
1.2.4. Привязки	15
1.2.5. Геометрические примитивы	16
1.3. Редактирование чертежа	22
1.3.1. Отмена и повтор действий	22
1.3.2. Выделение объектов	23
1.3.3. Редактирование чертежа с помощью мыши	25
1.3.4. Редактирование объектов с использованием команд	26
1.3.5. Команды для выполнения конструктивных элементов	32
1.3.6. Команды редактирования элементов объекта	37
Глава 2. Разработка конструкторских документов в среде Компас-график	40
2.1. Чертеж детали	40
2.1.1. Методика создания чертежа	41
2.1.2. Менеджер библиотек Компас	44
2.1.3. Оформление чертежей	47
2.1.4. Создание текстовых шаблонов	55
2.1.5. Вызов окна <i>Справочник материалов</i>	57
2.2. Сборочный чертеж	58
2.2.1. Конструирование неразъемной сборочной единицы	58
2.2.2. Оформление конструкторской документации для сборочной единицы	63
2.2.3. Детализирование сборочной единицы	65
2.3. Разработка спецификации	66
2.4. Вывод документов на печать	70

Глава 3. Новые технологии создания чертежей, предоставляемые системой Компас-график	71
3.1. Слои	71
3.1.1. Создание нового слоя	71
3.1.2. Возможные состояния слоев	72
3.1.3. Переключение между слоями	72
3.1.4. Изменение состояния слоя	72
3.1.5. Перенос объектов на другой слой	74
3.1.6. Выделение слоя	75
3.1.7. Удаление слоя	75
3.2. Фрагмент	76
3.2.1. Использование фрагментов	76
3.2.2. Способы вставки фрагментов в графический документ	76
3.2.3. Управление фрагментами	80
3.3. Вид	81
3.3.1. Создание нового вида	81
3.3.2. Новый вид. Масштаб	83
3.3.3. Изменение состояния вида	85
3.3.4. Изменение масштаба вида	85
3.3.5. Выделение вида. Удаление вида	86
3.4. Введение в параметрическую технологию	86
3.4.1. Взаимосвязи между примитивами	86
3.4.2. Рекомендации по разработке параметризованных чертежей	88
3.4.3. Принципы и приемы наложения связей и ограничений	88
3.4.4. Включение и настройка параметрического режима	89

Глава 4. Конструирование изделий и разработка конструкторской документации в среде Компас-график	94
4.1. Библиотека проектирования тел вращения Компас-SHAFT-2D	94
4.2. Конструирование сборочных единиц в среде Компас-график	100
4.2.1. Компоновка сборочной единицы	100
4.2.2. Расчет пружины и разработка ее чертежа	103
4.2.3. Редактирование сборочной единицы	106
4.2.4. Оформление чертежей	112
4.3. Составление спецификации в автоматизированном режиме	113
4.3.1. Создание объектов спецификации	114
4.3.2. Создание спецификации	117
4.3.3. Подключение спецификации к объектам сборки	118

Глава 5. Система моделирования трехмерных объектов Компас-3D 123

5.1. Образование и ориентация геометрических фигур в пространстве	123
5.2. Создание основания детали	125
5.3. Использование булевых операций при моделировании изделий	130
5.3.1. Предназначение булевых операций	131
5.3.2. Инструменты системы, предназначенные для выполнения булевых операций	131

Глава 6. Операции, предназначенные для создания основания модели

135

6.1. Общие требования к эскизам	135
6.2. Дерево построения	136
6.3. Редактирование элементов детали	137
6.4. Операции, создающие основание модели	137
6.4.1. Операция выдавливания	137
6.4.2. Элемент вращения	141
6.4.3. Кинематический элемент	143
6.4.4. Элемент по сечениям	146

Глава 7. Создание твердотельной модели и использование ее для построения ортогонального чертежа

149

7.1. Создание эскиза на плоской грани детали	149
7.1.1. Приклеивание элементов	150
7.1.2. Вырезание элементов	157
7.2. Создание конструктивных элементов	163
7.2.1. Команды <i>Скругление</i> и <i>Фаска</i>	163
7.2.2. Команда <i>Уклон</i>	165
7.2.3. Команда <i>Ребро жесткости</i>	165
7.2.4. Создание круглого отверстия	167
7.2.5. Массив элементов	168
7.2.6. Зеркальное копирование	171
7.2.7. Формирование атрибутов модели	172
7.3. Введение конструктивных вспомогательных элементов	173
7.3.1. Конструктивные оси	173
7.3.2. Конструктивные плоскости	175
7.3.3. Команды, предназначенные для сечения моделей	176
7.4. Построение винтовых поверхностей	180
7.4.1. Формирование модели цилиндрической пружины сжатия	180
7.4.2. «Подрезание» витков пружины	182
7.5. Создание ортогональных чертежей по твердотельным моделям	183
7.5.1. Ассоциативный чертеж модели	183
7.5.2. Выполнение конструкторской документации по модели	184
7.5.3. Выполнение рабочей документации	187

7.5.4. Анализ созданных моделей перед операциями сборки	187
Глава 8. Создание твердотельной модели сборочной единицы	189
8.1. Вставка компонентов в сборочную единицу	189
8.1.1. Команда <i>Добавить компонент из файла</i>	189
8.1.2. Позиционирование компонентов относительно друг друга	192
8.1.3. Сопряжения компонентов сборки	192
8.2. Команды редактирования модели сборки	197
8.3. Создание конструкторской документации по твердотельной модели сборочной единицы	201
Заключение	203
Приложение 1	204
Приложение 2	213
Список литературы	219

ПРЕДИСЛОВИЕ

Компас (КОМПлекс Автоматизированных Систем) представляет собой совокупность САД/САМ (computer-aided design/computer-aided manufacturing — системы автоматизированного проектирования и производства — САПР) систем. К первой системе относится Компас-3D, ко второй — Компас-Автопроект.

В предлагаемом учебном пособии рассмотрены возможности создания конструкций новых изделий и разработки для них конструкторской документации с использованием системы Компас-3D.

Разработанный фирмой АСКОН (Россия) графический редактор Компас-график, который входит в состав системы, изначально был сориентирован на быстрое и качественное выполнение конструкторской документации в полном соответствии с ГОСТами ЕСКД. Эта система стала весьма популярной среди конструкторов.

В конце 90-х годов XX в. (начиная с версии 5.X) графический редактор приобрел качественно новую возможность — создавать наглядную математическую модель изделия с присущими этому изделию механическими характеристиками (объем, масса, центр масс и т. п.). Поэтому графическая система Компас получила общее название Компас-3D. Кроме графического редактора в эту систему вошел ряд программных продуктов, значительно повышающих эффективность и качество проектирования.

Компас-график является базовой системой комплекса. Основные возможности Компас-график:

- любые геометрические построения;
- редактирование построенных изображений (сдвиг, поворот, копия, масштабирование и т. д.);
- формирование текстовых надписей;
- оформление технических требований и основных надписей;
- сохранение типовых фрагментов чертежа и их перенесение в другой чертеж;
- использование библиотек типовых изображений;
- создание сборочных чертежей и т. д.

Помимо перечисленных возможностей весь комплекс 3D содержит более 30 приложений (различных автоматизированных пакетов). К наиболее интересным для конструктора-машиностроителя можно отнести:

- систему проектирования спецификаций, которая обеспечивает автоматизированное формирование спецификаций по сборочному чертежу, построенному в Компас-график;

- машиностроительную библиотеку, представляющую собой комплекс параметрических изображений стандартных или типовых элементов машиностроительных чертежей (болты, винты, гайки, проточки и т. д.);

- библиотеку проектирования тел вращения Компас-SHAFT, предназначенную для создания моделей тел вращения при одновременном автоматическом формировании их чертежей;

- библиотеку проектирования цилиндрических винтовых пружин Компас-SPRING, обеспечивающую выполнение проектного и проверочного расчетов различных типов пружин с автоматическим формированием их моделей и построения чертежей.

Более поздние версии Компас-3D (Компас-3D-V6... V8) имеют интерфейс, соответствующий международным стандартам, а также ряд усовершенствований, направленных на удобство работы с системой (увеличена скорость формирования модели, появились новые операции и команды и т. д.). В то же время графическая составляющая последующих версий остается практически неизменной относительно предыдущих версий.

Учитывая, что версии Компас-3D 5.X получили достаточно широкое распространение (особенно ее графическая часть Компас-график), в предлагаемом учебном пособии указываются при необходимости различия между их интерфейсами.

В учебном пособии рассматривается подробный процесс создания конструкторской документации для вновь разрабатываемого изделия начиная с эскизной проработки входящих в него деталей и заканчивая моделью его сборки. Таким образом, главное внимание уделяется методике создания чертежа, команды же рассматриваются в порядке, необходимом для его построения.

В четырех первых главах учебного пособия приведен пример разработки нового изделия (от деталей до механического устройства), а также методика создания графической документации в Компас-график в соответствии с положениями стандартов ЕСКД, последующие главы посвящены приемам конструирования в среде 3D.

КОМПАС-ГРАФИК КАК ЭЛЕКТРОННЫЙ КУЛЬМАН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Систему Компас-3D можно подразделить на две части: Компас-график и собственно Компас-3D. Если знание команд первой части системы и умение с ними обращаться может быть вполне достаточным для достижения конечного результата (разработки конструкторской документации), то использование Компас-3D без навыков работы с предыдущей частью невозможно.

Запуск системы в среде MS Windows производится точно так же, как и запуск любых приложений для Windows.

Открытие любого документа в системе Компас-3D осуществляется аналогично открытию документов для любых приложений Windows.

1.1. Управление системой

Управление системой Компас-3D осуществляется совокупностью программных средств, обеспечивающих взаимодействие программ самой графической системы.

Взаимодействие пользователя с системой обеспечивается с помощью панели *Главного меню*, панелей управления, а также окон *Контекстного меню*.

1.1.1. Отличия в изображениях рабочих экранов разных версий

Между пятой и последующими версиями Компас-3D существуют некоторые различия в изображениях команд управления и их местоположении на экране. Изменения были введены в соответствии с современными стандартами Windows.

На рис. 1.1 и 1.2 изображены экраны версий Компас-3D 5.11 и Компас-3D-V7 в момент выполнения команды *Отрезок* (выделенные курсивом наименования меню, панелей и строк не отображаются на экране, а являются пояснениями авторов). Принципиальных изменений не произошло. Изменены лишь пиктограммы некоторых команд и названия панелей. Панель *Специального управления* переместилась в левый нижний угол экрана совме-

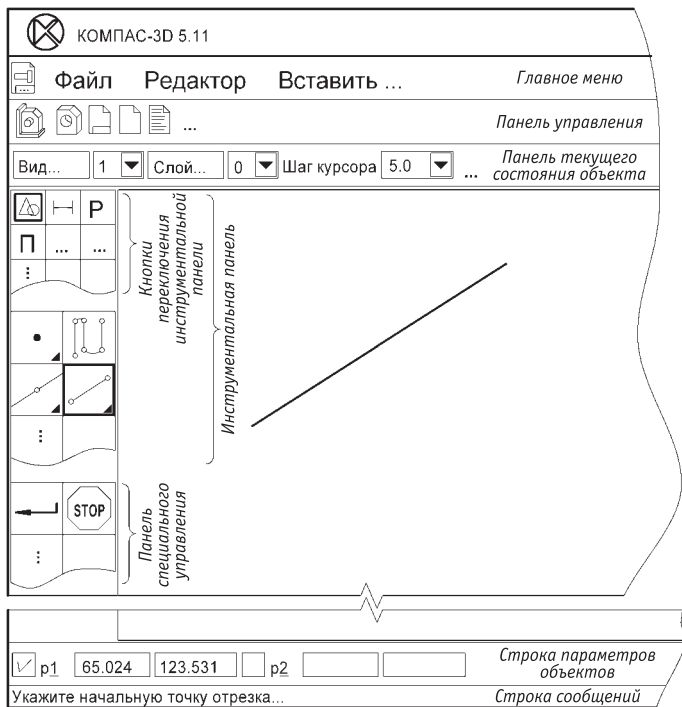


Рис. 1.1. Рабочий экран Компас-3D 5.11

стно с панелью *Свойств*. Панель *Управление* разделена на две панели: *Стандартная* панель и панель *Вид*. Методика работы с документами осталась прежней.

1.1.2. Помощь при работе

При возникновении затруднительных ситуаций во время работы с системой можно быстро получить необходимую справку. Для этого разработана справочная система, которая содержит сведения о командах, клавиатурных комбинациях, типовых последовательностях выполнения различных операций и т.д.

Получить нужную информацию можно одним из следующих способов:

- нажатие клавиши [F1] — для получения подсказки по текущему действию (эта справка является контекстно-зависимой, так как отображаемый на экране текст будет соответствовать тому действию, которое выполняется в данный момент);
- меню *Справка* — для выбора соответствующего раздела или термина;
- кнопка *Справка* (знак вопроса) на панели управления — для получения подсказки по объектам рабочего экрана.

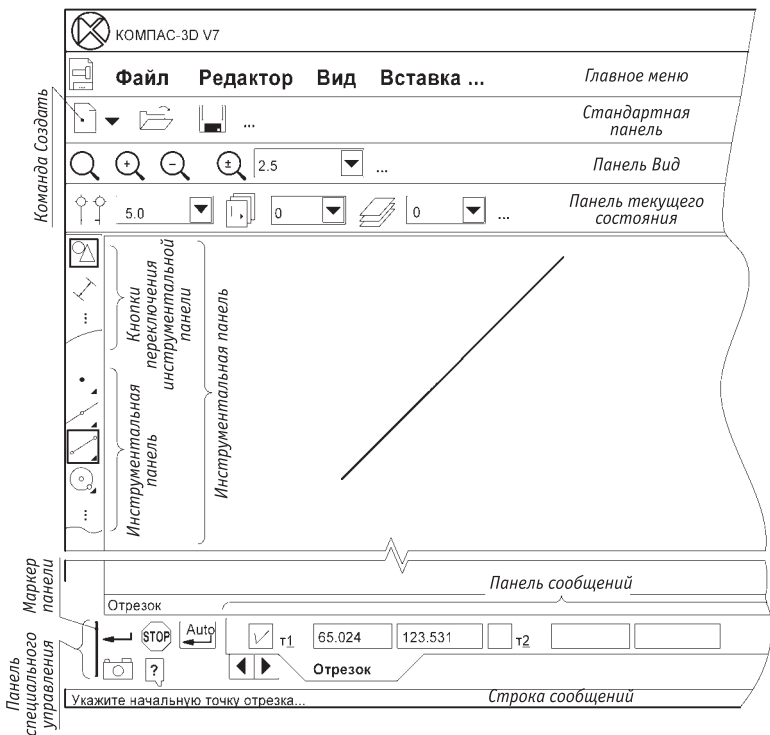


Рис. 1.2. Рабочий экран Компас-3D-V7

В последнем случае курсор превратится в вопросительный знак со стрелкой. После наведения такого курсора на соответствующий объект экрана надо щелкнуть по нему левой клавишей мыши.

Кроме того, можно быстро получить краткую информацию о любой кнопке с помощью ярлычков-подсказок. Для этого следует подвести курсор к интересующей кнопке и задержать его на некоторое время. Рядом с курсором появится всплывающая подсказка с наименованием этой кнопки. Эта информация дублируется в *Строке сообщений*. Ярлычки-подсказки можно включить или выключить. Если по каким-то причинам подсказки отсутствуют, то их необходимо установить (*Главное меню* → *Сервис* → окно *Настройка интерфейса* → вкладка *Параметры* → активизировать флажок *Отображать подсказки для кнопок*).

1.1.3. Настройка пользовательских панелей

Каждый пользователь системы может установить на своем персональном компьютере конфигурацию рабочего экрана по своему усмотрению. Например, *Панель специального управления* вместе с

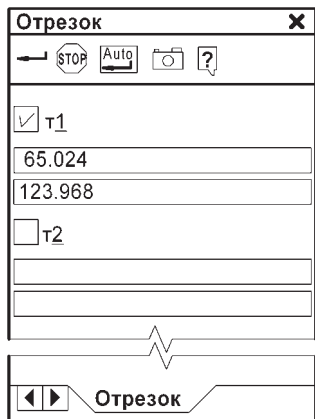


Рис. 1.3. *Панель свойств* в вертикальном исполнении

Панелью свойств можно видоизменить (рис. 1.3). Для этого следует, захватив курсором мыши маркеры панелей, перетащить их в область экрана. Для того чтобы *Панель специального управления* не занимала *Рабочее поле* экрана, ее также можно перетащить на прежнее место. Для открытия документа на *Стандартной* панели воспользуемся командой *Создать*, которая открывает окно с перечнем наименований графических документов и их пиктограмм.

Если развернуть меню команды *Создать* (рис. 1.4) (кнопка прокрутки справа от пиктограммы команды *Создать*) и потянуть курсором мыши за его заголовок, то это меню можно установить в любом месте экрана, в том числе и на *Стандартной* панели рядом с командой *Создать* (т. е. привести к виду, аналогичному пятой версии). Таким образом, по желанию пользователя можно перемещать и видоизменять любые панели.

Пользователь может вывести на экран необходимые команды на той или иной панели (*Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*). В появившемся окне *Настройка интерфейса* следует активизировать вкладку *Команды*. Из перечисленного перечня категорий команд выбирается требуемая команда и с помощью мыши перетаскивается на соответствующую панель. Таким образом, пользователь может сам формировать содержание панелей.

В главном меню имеется меню *Выделить*. В нем находятся команды, предназначенные для выделения различными способами тех или иных элементов чертежа (*Рамкой*, *Секущей рамкой* и т. д.). Для того чтобы выделить весь чертеж, необходимо воспользоваться командой *Выделить все*, которая находится в меню *Редактор* (в соответствии стандартам Windows). Однотипные команды расположены в разных меню, что, на наш взгляд, создает значительные неудобства в работе пользователя.



Рис. 1.4. Развернутая панель команды *Создать*

Упражнение 1.1. Размещение команды в новом меню.

Порядок работы

1. Откройте новый документ, например: *Файл* → *Создать* → → окно *Новые документы* → *Чертеж*.
2. *Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*.
3. В окне *Новые документы* выберите вкладку *Команды*.
4. Выберите категорию *Редактор*.
5. Из команд категории *Редактор* выберите команду *Выделить все*.
6. Мышью перетащите пиктограмму команды *Выделить все* на панель главного меню в раздел «Выделить» и установите ее, например, перед всеми командами выделения.
7. Закройте файл.

В Компас-график имеются команды *Объединить в макроэлемент* и *Разрушить* (этот макроэлемент). Речь идет о командах прямого и обратного действий. Следовательно, обе команды должны находиться рядом, однако в Компас-3D-V7 команда *Объединить в макроэлемент* находится в меню *Сервис*, а команда *Разрушить* — в меню *Редактор*. Необходимо переместить команду *Разрушить* из меню *Редактор* в меню *Сервис* и поместить ее рядом с командой *Объединить в макроэлемент*.

Упражнение 1.2. Перемещение команды из одного меню в другое.

Порядок работы

1. Откройте новый документ, например: на панели *Стандартная* щелкните по пиктограмме команды *Создать* и выберите *Новые документы* → *Чертеж*.
2. *Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*.
3. Из главного меню вызовите меню *Редактор*.
4. Щелкните по команде *Разрушить*. Команда будет заключена в рамку.
5. Перетащите команду мышью в меню *Сервис* и установите рядом с командой *Объединить в макроэлемент*.
6. Закройте файл.

Для документа «Фрагмент» надо проделать такие же операции.

При желании пользователь может перенастроить шестую и последующие версии практически полностью под «топографию» пятой версии. В то же время переход от интерфейса младшей версии к интерфейсу старшей не вызывает трудностей и не занимает много времени.

1.1.4. Управление изображением на экране

Компас-3D — стандартное приложение Windows, поэтому рабочий экран здесь практически ничем не отличается по своему внешнему виду от окон других приложений.

На экране расположено *Главное окно* системы, а внутри него находится окно *Документ*.

Панель *Вид* входит в *Главное окно* и содержит кнопки управления изображением на экране. Прежде всего, это кнопки, принадлежащие командам изменения масштаба изображения (заголовок *Масштаб*).

Несмотря на то что экран компьютера значительно уступает кульману в размерах, специальные средства отображения документа на экране позволяют с комфортом работать над чертежами самых больших форматов. Увеличение или уменьшение масштаба изображения в окне никак не влияет на реальные размеры геометрических объектов.

Для увеличения какой-либо области документа используется кнопка *Увеличить рамкой*. После нажатия кнопки курсором указывается некоторая точка на чертеже (первый угол прямоугольной рамки предполагаемой области увеличения) и отмечается щелчком мыши, после чего курсор перемещается (на экране при этом будет отображаться фантом рамки) до достижения нужного размера рамки. Рамка должна охватить ту область чертежа, которую следует увеличить. После фиксации (щелчка мышью) второго угла рамки изображение будет увеличено до размеров всего окна документа.

Для плавного изменения масштаба используется кнопка *Приблизить/Отдалить*. После вызова команды курсор изменит свой вид. Для того чтобы воспользоваться этой командой, следует нажать левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместить курсор в вертикальном направлении. При перемещении курсора вверх изображение плавно увеличивается, а вниз — уменьшается. Для выхода из команды плавного изменения масштаба нужно повторно нажать кнопку *Приблизить/Отдалить* или кнопку *Прервать команду (STOP)* на панели специального управления.

Перемещение изображения в окне документа без изменения масштаба достигается нажатием кнопки *Сдвинуть*. Выход из команды аналогичен выходу из команды *Приблизить/Отдалить*.

Перемещать изображение можно также и с помощью линеек прокрутки.

Для отображения в окне всего документа служит кнопка *Показать все*.

В процессе работы над чертежом на экране могут появляться различные вспомогательные линии или символы. В большинстве случаев система автоматически удаляет эти временные объекты.

Однако иногда возникает необходимость в принудительном удалении «мусора». Для обновления изображения на экране служит кнопка *Обновить изображение*. Эта команда необходима при проверке наличия совпадающих линий на чертеже. Дважды (и более) проведенная по одному месту основным стилем линия в дальнейшем (при работе в Компас-3D) может привести к серьезным сбоям.

1.1.5. Использование контекстного меню

Использование контекстного меню значительно повышает комфортность работы с системой. Для его вызова достаточно щелкнуть правой клавишей мыши в любом месте экрана. Если щелчок будет произведен в служебной части экрана (на одной из панелей управления системой), то появится список инструментальных панелей, которые в данный момент можно установить дополнительно. Например, при работе с текстом удобно иметь на экране панель *Вставка в текст* со всеми командами, относящимися к этому виду работы над конструкторским документом. При переходе к иным работам кнопки вызова команд становятся неактивными, поэтому, чтобы панель не занимала место на экране, ее следует закрыть.

Если щелкнуть мышью в произвольном месте рабочего поля, содержание контекстного меню будет одним, а при щелчке по выделенному элементу чертежа — другим.

1.2. Графический редактор

Если при открытом документе (*Чертеж* или *Фрагмент*) щелчком мыши по свободному месту рабочего окна вызвать контекстное меню и выбрать из списка меню *Параметры текущего чертежа (фрагмента)*, то появится окно *Параметры*. После выбора вкладки *Система* появится перечень групп настроек параметров системы, в который входит группа *Графический редактор*. Раскрытое содержание этой группы дает список вспомогательных инструментов, характеристики которых пользователь может установить по своему усмотрению.

1.2.1. Настройка параметров вспомогательных инструментов

Вспомогательные инструменты графического редактора предназначены для удобства работы с чертежом с одновременным повышением точности его построения.

Курсор. Параметры курсора могут быть настроены пользователем в этом же окне после щелчка по слову «Курсор». Основным

параметром курсора является размер квадрата курсора (ловушка курсора). Чем больше периметр квадрата ловушки, тем большую область чертежа она перекроет. Нажав кнопку *Справка*, можно познакомиться с диалогом настройки курсора. При работе с конструкторской документацией внешний вид курсора меняется в зависимости от того, какое действие выполняется в данный момент.

Сетка. С включенной сеткой рабочий документ становится похож на лист миллиметровки. Шаг сетки по умолчанию — 5 мм. Включается и выключается сетка кнопкой *Сетка*, расположенной на панели текущего состояния. Сетка при печати чертежа не отображается.

Системные линии. Линии разного начертания и цвета, используются для выполнения чертежей на экране дисплея. На экране толщина линии изображается в пикселах. По умолчанию толщина любой линии равна одному пикселу. Чтобы отличить одну линию от другой, например сплошную толстую от сплошной тонкой, линиям придается разный цвет. Толщина линии, выводимой на бумагу, устанавливается в миллиметрах.

Системные символы. Они предназначены для изображения зачек на линиях, например, при делении отрезка на части.

Редактирование. При каких-либо изменениях чертежа элемент чертежа, подвергающийся изменениям, необходимо выделить, например щелкнуть по нему. Элемент приобретет цвет, соответствующий цвету, установленному в окне *Редактирование* в поле *Селектирование*. При указании отрезка, например, параллельно которому будет проведен новый, первый отрезок окрашивается в цвет, установленный в поле *Подсвечивание*. В этом же окне имеется поле со счетчиком *Количество шагов назад*. Установленное число показывает возможное количество восстанавливаемых операций после их отмены.

Поиск объекта. Необходим для однозначного выбора одного из близко расположенных объектов, например при операциях редактирования.

Привязки. Это инструмент, позволяющий точно позиционировать курсор относительно выбранной точки. Перечень привязок приведен в окне *Установка глобальных привязок*. Для установки привязок достаточно активизировать флажок, находящийся рядом с интересующей вас привязкой. Для удобства работы рекомендуется активизировать флажки *Динамически отслеживать* и *Отображать текст*, находящиеся под полем перечня привязок (цвет отображаемого текста наименования привязок совпадает с выбранным цветом линеек курсора).

Установки вспомогательных инструментов действительны на все время работы пользователя с системой. Если выбрать вкладку *Новые документы* и раскрыть *Графический документ*, то все новые

установки будут действовать как на текущий документ, так и на все последующие, созданные пользователем при работе с системой. При установках для текущего чертежа их действие распространяется только на данный чертеж.

1.2.2. Системы координат в Компас-график

В Компас-график используется правая декартова система координат. Начало абсолютной системы координат (АСК) находится в левом нижнем углу формата. Координаты положения курсора, указываемые в поле *Положение курсора* на панели текущего состояния, отсчитываются относительно АСК.

Однако использование системы координат, заданной по умолчанию, не всегда приемлемо. На практике при выполнении чертежа удобнее измерять расстояния от некоторой характерной точки детали. В этом случае целесообразно поместить точку в начало системы координат. Такая возможность имеется в Компас-график благодаря локальной системе координат (ЛСК). В этой системе все координаты рассчитываются и отображаются на экране относительно той точки, которая удобна конструктору. Например, для проектируемого изделия типа вал (или любого тела вращения) ЛСК целесообразно поместить на оси вращения в правом торце детали. Количество ЛСК на чертеже не ограничено. Каждой ЛСК присваивается собственное имя. Впоследствии ее можно удалить.

1.2.3. Создание ЛСК и работа с ней

Для создания первой ЛСК служит команда *Локальная СК* из меню *Вставка* (для версии 5.X из меню *Сервис*) на панели главного меню либо кнопка *Локальная СК*, расположенная на панели текущего состояния. После вызова команды на экране появляется изображение осей локальной системы координат, которое с помощью мыши можно поместить в нужную точку чертежа. Координаты этой точки и угол наклона осей могут быть проконтролированы или назначены в соответствующих полях на панели свойств. Для вновь созданной ЛСК можно назначить собственное имя. По умолчанию система предлагает имена *СК1*, *СК2* [для версии 5.X — *cs1*, *cs2*, *cs3* ...]¹. Собственное имя набирается с клавиатуры в окне поля *Имя ЛСК*. Таким образом, на одном чертеже можно создать несколько независимых друг от друга ЛСК.

Для изменения параметров любой из имеющихся ЛСК сначала выбирается необходимая система из списка, а затем задаются нужные значения координат начальной точки и угол наклона осей.

¹ В дальнейшем в квадратных скобках будет указываться путь команды для версии Компас 5.X без дополнительной ссылки на нее.

Дальнейшие действия полностью аналогичны действиям, описанным ранее.

Внимание. После ввода с клавиатуры любой команды (в рассматриваемом случае после ввода имени ЛСК, параметров точки начала координат ЛСК, угла наклона осей ЛСК и т. п.) необходимо всякий раз давать команду *Enter* для выполнения назначенного действия (клавиша [Enter]). Кроме того, необходимо постоянно следить за состоянием кнопки *Создать объект* на панели специального управления. Если после окончания команды эта кнопка активна, то ее необходимо нажать (щелкнуть по ней мышью).

Оси текущей ЛСК могут по желанию пользователя отображаться на экране, а могут и не отображаться. Эта возможность реализуется в окне *Параметры* → *Отрисовка осей систем координат*. Для того чтобы попасть в это окно, достаточно нажать кнопку *Настройка* на панели свойств. Здесь же можно выбрать стиль отрисовки осей системы координат (тип и цвет линии). Для версии 5.X этот путь несколько длиннее. Надо выбрать из главного меню пункт *Настройка*. Из его перечня выбрать *Настройка системы*. В появившемся на экране диалоговом окне *Настройка параметров системы* выбрать последовательно *Графический редактор* → *Виды, слои, СК* → *Оси локальной системы координат* (включить опцию переключателем) → *Показывать* (снять или установить флажок).

ЛСК можно полностью удалить. Для этого достаточно вызвать панель работы с локальными СК (щелкнуть мышью по кнопке *Локальная СК*), выделить строку с именем удаляемой СК и нажать на кнопку *Удаление Локальной СК*.

ЛСК на твердой копии чертежа не изображается. Скрытие осей ЛСК или их удаление осуществляется только из соображений дальнейшего удобства работы.

Упражнение 1.3. Создание чертежа с использованием локальной системы координат.

Порядок работы

1. Создайте новый чертеж. Относительно абсолютной системы координат (0, 0) установите локальную систему координат, например, с координатами (60, 200), углом наклона оси *X* локальной СК 0° и присвойте ей имя «A1». Для этого:

- откройте диалоговое окно *Новый документ* → *Файл* → *Создать* и выберите *Новые документы* → *Чертеж* [*Файл* → *Создать* → *Лист*];
- присвойте созданному документу имя, например «Вал»;
- включите сетку;
- вызовите команду *Локальная СК* соответствующей кнопкой на панели текущего состояния;

- в поле *Начало отсчета локальной СК* панели свойств [строки параметров объекта] присвойте координате *X* значение 60. Для этого в левом прямоугольном поле введите с клавиатуры цифру 60 и нажмите [Enter];
 - координате *Y* (правое поле) присвойте значение 200 ([Enter]);
 - в следующем поле *Угол наклона оси X локальной СК* установите нулевое значение ([Enter]);
 - наконец, в поле *Имя ЛСК* введите имя: «A1» ([Enter]).
2. Сохраните файл и закройте его.

1.2.4. Привязки

Создание качественного чертежа — необходимое условие избежания ошибок при дальнейшем проектировании, а впоследствии и при изготовлении изделия. Поэтому в любой компьютерной системе, предназначенной для графических работ, предусмотрен механизм для фиксации («привязки») курсора к определенной точке чертежа. Это может быть любая характерная точка чертежа: узел сетки, конец линии, середина отрезка и т.п. Первоочередность срабатывания привязок убывает сверху вниз относительно их расположения в списке привязок. Привязки бывают двух типов: глобальные (действующие постоянно) и локальные (действующие однократно).

Глобальные привязки. Выбор привязок можно осуществить в окне *Параметры* во время настройки графического редактора системы. Эту же операцию можно выполнить и не прибегая к вызову окна *Настройка параметров системы*. Для вызова окна привязок достаточно щелкнуть по кнопке *Установка глобальных привязок* на панели текущего состояния. Установленные привязки будут действовать постоянно вплоть до их отмены.

Можно установить несколько привязок сразу (активизировать несколько флажков соответствующих привязок). В этом случае будет выбираться та характерная точка чертежа, которая попала в ловушку курсора. Если одновременно попадает несколько разных характерных точек, то выбор точки будет определяться приоритетом привязки. Например, необходимо привязаться к пересечению двух отрезков. Однако в ловушку попало три характерных точки: *Ближайшая точка*, *Пересечение* и *По сетке*. В соответствии с установленным приоритетом будет выполнена привязка *Ближайшая точка*. В связи с этим рекомендуется устанавливать одновременно только те глобальные привязки, которые наиболее востребованы при работе. С приобретением опыта работы с системой пользователь сознательно выбирает необходимые ему установки. Для начала рекомендуется установить три наиболее употребительные привязки: *Ближайшая точка*, *Пересечение* и *По сетке*. Все установленные глобальные привязки при необходимости можно одновре-

менно отключить. Для этого достаточно щелкнуть по кнопке *Запретить привязки* на панели текущего состояния.

Таким образом, чтобы работа была более комфортной, не следует, во-первых, устанавливать большие размеры ловушки курсора и применять одновременно большое количество привязок, во-вторых, рекомендуется увеличивать изображение чертежа, например, кнопкой *Увеличить масштаб* на панели *Вид* или использовать *Локальные привязки*.

Локальные привязки. Любая локальная привязка отменяет все установленные глобальные привязки на время ее действия (до ввода точки), т.е. каждая привязка является одноразовой. Для вызова меню локальных привязок следует вызвать контекстное меню (щелчок правой клавишей мыши по полю чертежа). Однако не следует забывать, что содержание контекстного меню зависит от состояния системы в данное время. Если система находится в ожидании, то содержание меню будет одно (с ним мы уже познакомились при описании графического редактора), если в состоянии действия команды — другое. Например, при активной команде *Отрезок* в контекстное меню входит развертывающийся список «Привязки», а при вызове команды *Ввод текста* меню содержит полный список привязок.

Назначение привязок. Привязки могут выполнять самые разнообразные функции:

- **касание** — обеспечивает касание отрезка к кривой линии (после указания начальной точки отрезка из контекстного меню выбирается привязка *Касание*, на кривой курсором отыскивается место касания вводимого отрезка);
- **центр** — выполняет привязку к центру дуги, окружности, эллипса (например, после указания начальной точки отрезка, достаточно курсором указать нужную окружность как система проведет строящийся отрезок к ее центру);
- **нормаль** — производит построение отрезка перпендикулярно к указанной линии (после указания начальной точки отрезка из контекстного меню выбирается привязка *Нормаль*, на прямой курсором отыскивается точка основания перпендикуляра этой нормали).

Назначение остальных привязок видно из их названий, а с процессом их применения можно ознакомиться в справочнике системы (*Главное меню* → *Справка* → *Контекстная* → *Индекс* → набрать с клавиатуры первые три буквы разыскиваемого слова: **привязка**).

1.2.5. Геометрические примитивы

Любое изображение на чертеже состоит из геометрических примитивов (точек, линий, окружностей и т.п.). Кнопки, позволя-

ющие вызывать соответствующие команды для изображения примитивов, снабжены пиктограммами этих примитивов, сгруппированы по типам и расположены на инструментальной панели. Практически каждая кнопка представляет собой разворачивающееся меню (панель) команд какой-либо группы примитивов. Признаком того, что кнопка вызова примитива является еще и представителем этой группы примитивов, служит треугольник в правом нижнем углу кнопки. Чтобы вызвать команду (например, *Точки пересечения двух кривых*), принадлежащую определенному типу команд (*Точка*), следует левой клавишей мыши нажать кнопку для ввода этого типа примитивов и удерживать ее до появления дополнительной панели команд. Не отпуская клавиши, необходимо переместить курсор вдоль этой панели до нужной команды и отпустить клавишу.

Команды отрисовки геометрических примитивов находятся на панели *Геометрия*.

Команда *Точка*. Командная кнопка *Точка* содержит несколько дополнительных команд: *Точки по кривой*, *Точки пересечения двух кривых*. В Компасе под понятием «кривая» подразумевается любая плоская линия (отрезок, окружность, ломаная, кривая Безье). Мы будем придерживаться общепринятых наименований линий.

Изображение точки может быть выполнено различными стилями. Для смены стилей отрисовки точки достаточно раскрыть список «Стиль точки» на панели свойств [в строке параметров объектов] и выбрать подходящий стиль.

Точки на чертеже могут быть как вспомогательные (например, необходимые только для обеспечения привязок), так и функциональные (например, точки на графике).

Ввод точки может быть осуществлен курсором. Для этого достаточно указать курсором необходимую точку на чертеже и зафиксировать ее мышью. Можно ввести точку, задавая ее координаты. Для этого нужно поместить курсор в поле *Текущая координата X* (или *Y*) точки на панели свойств и щелкнуть 2 раза левой кнопкой мыши. После этого цвет поля станет синим. Не выводя курсор за пределы панели свойств, надо с клавиатуры установить значение координаты *X* вводимой точки и зафиксировать это значение клавишей [Enter]. Эту же операцию следует проделать и в поле для координаты *Y* (или *X*).

Если необходимо разбить кривую на несколько равных участков, следует использовать команду *Точки на кривой (Равномерно по объекту)*. Команда находится на разворачивающейся панели *Точка*. Для выполнения этой команды надо указать в соответствующем поле панели свойств значение *n* — количество участков, на которое должна быть разбита линия. После этого, указав курсором нужную кривую, прервите команду, например с помощью контекстного меню. Если кривая замкнута, предварительно потребу-

ется указать точку, относительно которой следует начало расстановки точек. Точка, указывающая начало расстановки, не обязательно должна находиться на кривой. В этом случае началом расстановки будет считаться ее проекция на разбиваемую кривую. Порядок работы всегда можно увидеть в строке сообщений.

Команда *Вспомогательная прямая*. Вспомогательные прямые являются аналогом тонких линий, которые конструктор использует при работе на кульмане. Они применяются для предварительных и вспомогательных построений, облегчающих выполнение чертежа. Вспомогательные прямые не имеют конечной длины. Они могут быть проведены к любому геометрическому примитиву под углом, параллельно, касательно и т. д. После того как надобность в них отпадет, они удаляются одной командой все сразу (меню *Редактор* → *Удалить* → *Вспомогательные кривые и точки* → *В текущем виде*). Эти линии никогда не выводятся на печать, даже если они не удалены.

Вспомогательная прямая, произвольно ориентированная на чертеже, вычерчивается с помощью одноименной команды. Один из способов ввода такой прямой — указать положение на чертеже первой и второй точек, принадлежащих прямой, с помощью курсора, используя привязки.

Однако можно ввести соответствующие параметры непосредственно и в строку параметров на панели свойств. Значение каждого параметра отображается в отдельном поле, слева от которого написано краткое название параметра: $t1 [p1]$ — координаты начальной (первой) точки, $t2 [p2]$ — координаты конечной точки, Длина $[ln]$ — длина отрезка, Угол $[an]$ — угол наклона прямой относительно положительного направления оси X текущей системы координат. Слева от названия параметра находится небольшая кнопка. Если в ней изображена «галочка», это означает, что система ждет ввода данного параметра. Действительно, если вы сразу после запуска команды построения вспомогательной прямой начнете перемещать курсор, то в поле $t1$ будут отображаться его текущие координаты — система ждет ввода первой точки. После того как значение введено и параметр зафиксирован, на кнопке появляется изображение перекрестья. Если кнопка пустая, то параметр является вспомогательным (в случае ввода вспомогательной прямой это значение угла), но при этом он также доступен для ввода.

Развертывающаяся панель вспомогательной прямой имеет для проектировщика достаточно большой перечень команд.

Команда *Отрезок*. Ввод отрезка ничем не отличается от ввода вспомогательной прямой, за исключением того, что на панели свойств дополнительно появляется поле с параметром Длина $[ln]$ — *Длина отрезка* и поле со списком «Стиль».

Команда *Окружность*. Эта команда позволяет начертить окружность по двум точкам. Сначала запрашивается координата центра

окружности, которую можно указать курсором с использованием привязок, после чего на экране возникает фантом окружности. Затем надо указать курсором точку на окружности. Значения координат центра, точки на окружности или величину радиуса можно задавать в полях параметров объекта на панели свойств. Там же можно указать наличие или отсутствие осей на вычерчиваемой окружности с помощью переключателя *Отрисовка осей*.

Размер окружности на чертеже определяется значением диаметра. В графической системе определяющим параметром геометрии окружности является размер радиуса. Чтобы избежать ошибок при пересчете величины диаметра на радиус (например, диаметр равен 157,31 мм), предусмотрена возможность ввода значения радиуса в поле *Радиус* панели свойств [строки параметров объекта] в виде выражения $157.31/2$.

Система воспринимает любое арифметическое выражение. Рассмотрим гипотетический случай. Диаметры шеек и шкивов проектируемого вала соотносятся между собой следующим образом: диаметр первого цилиндра равен 120 мм, второй — на 80 мм меньше, третий больше второго в 5 раз, а четвертый меньше последнего в 4 раза. Значение четвертого радиуса можно сразу ввести в поле *Радиус*, а именно: $(120 - 80) * 5/4$.

Кроме окружности, заданной координатой центра и точкой на окружности, вычерчиваются окружности и с другими входными параметрами. Вызов команд для вычерчивания таких окружностей осуществляется кнопками с соответствующими названиями:

- *Окружность по трем точкам;*
- *Окружность с центром на элементе;*
- *Окружность, касательная к кривой;*
- *Окружность, касательная к двум кривым;*
- *Окружность, касательная к трем кривым;*
- *Окружность по двум точкам.*

Использование строки сообщений и фантома строящейся окружности существенно облегчает построения.

Команды *Дуга, Эллипс, Кривая Безье, Прямоугольник (Многоугольник)*. Построение этих примитивов, как правило, не вызывает затруднений у пользователей, поэтому предлагается изучить их самостоятельно (в случае затруднения используйте контекстную справку Компас).

Команда *Непрерывный ввод объектов*. Если вычерчивается (обводится) контур детали, предварительно построенный с помощью вспомогательных линий, и особенно если он состоит из элементов разного типа, то удобно воспользоваться этой командой. Она позволяет вычерчивать непрерывную последовательность отрезков, дуг, сопряжений, сплайнов и т.д. При ее использовании конечная точка только что введенного объекта автоматически становится начальной точкой следующего объекта. Процесс выпол-