

## **Введение**

Компьютерная поддержка преподавания инженерной графики с использованием системы КОМПАС-ГРАФИК осуществляется в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» с 1996 г. Определяющий фактор выбора этой системы в качестве базового пакета для решения учебных задач заключается в том, что компания АСКОН – разработчик и поставщик системы КОМПАС предлагала и предлагает учебным заведениям и студентам свободно распространяемые модификации своих графических редакторов.

В 2001 г. была выпущена в обращение бесплатная некоммерческая система КОМПАС-3D LT, предназначенная для использования в учебных целях. Версия LT [1] является «облегченной» модификацией профессионального пакета КОМПАС-3D для Windows [2], [3]. Из него удалены многие необходимые профессиональным пользователям функциональные возможности, без которых студенты могут успешно оформлять документы курсовых и дипломных проектов. КОМПАС-3D LT распространяется через сайты ([www.ascon.ru](http://www.ascon.ru); [www.freeware.ru](http://www.freeware.ru)).

В разд. 1 и 2 пособия включены материалы, позволяющие ускорить освоение особенностей трехмерного редактора КОМПАС-ГРАФИК LT. В разд. 3 приведены 8 примеров построения трехмерных моделей деталей. Рассмотрен порядок выполнения плоского чертежа по трехмерной модели. Пособие ориентировано на применение трехмерного редактора для решения на современном уровне ранее разработанных учебных задач [4]–[7].

### **1. Общие сведения о системе КОМПАС-3D LT**

#### **1.1. Назначение системы КОМПАС-3D**

Система КОМПАС-3D LT предназначена для создания трехмерных параметрических моделей деталей и последующего полуавтоматического выполнения их рабочих чертежей, содержащих все необходимые виды, разрезы и сечения.

Система ориентирована на формирование моделей изделий, содержащих как типичные, так и нестандартные конструктивные элементы.

При разработке функций и интерфейса КОМПАС-3D LT учитывались приемы работы, свойственные машиностроительному проектированию. Система разработана специально для операционной среды MS Windows и в полной мере использует все ее возможности для обеспечения пользователю максимального комфорта и удобства в работе.

## 1.2. Основные типы документов

После первого запуска КОМПАС-3D LT его окно будет пустым. При установке система создает на жестком диске компьютера каталог **Samples**, в котором находятся несколько демонстрационных файлов.

КОМПАС-3D LT состоит из двух частей: модуля плоского черчения и модуля трехмерного твердотельного моделирования, каждый из которых отвечает за выполнение определенных функций.

В терминах КОМПАС-3D LT любое изображение, которое можно построить средствами системы, принято называть документом. С помощью КОМПАС-3D LT можно создавать документы трех типов: трехмерные детали, плоские чертежи и фрагменты 3D. Когда речь идет о трехмерных изображениях деталей, употребляется еще один термин – модель. Построение моделей выполняется средствами модуля трехмерного моделирования.

Трехмерная деталь – это модель в виде непрерывной области определенной формы, заполненной однородным материалом детали. Трехмерная деталь – это и основной тип документа, создаваемый в КОМПАС-3D LT. Детали хранятся в файлах с расширением **\*.m3d**.

Чертеж полностью соответствует листу чертежа, который конструктор чертит на кульмане, и состоит из рамки определенного формата, штампа, технических требований, обозначения шероховатости неуказанных поверхностей и одного или нескольких видов. Чертежи хранятся в файлах с расширением **\*.cdw**. Заготовки этих документов создаются в автоматическом режиме модулем трехмерного моделирования на основе построенной трехмерной модели детали и затем окончательно оформляются средствами модуля плоского черчения. При необходимости чертеж можно построить полностью в ручном режиме с помощью модуля плоского черчения, не прибегая к построению трехмерной модели.

Фрагмент, в отличие от чертежа, полностью лишен элементов оформления и представляет собой пустой электронный лист неограниченного размера. Вы можете чертить в нем совершенно свободно в любом направлении, не опасаясь, что однажды достигнете его границ. Фрагменты хранятся в файлах с расширением **\*.frw** и создаются средствами модуля плоского черчения.

Для того чтобы перейти к просмотру примеров трехмерных моделей, необходимо выбрать тип отображаемых файлов в диалоговом окне **Выберите файлы для открытия**, и щелкнуть по кнопке **Открыть документ**. Далее необходимо открыть список типов файлов и выбрать из списка строку **Компас-Детали (\*.m3d)**.

### 1.3. Основные элементы интерфейса

КОМПАС-3D LT – это программа для операционной системы Windows, поэтому ее окно имеет те же стандартные элементы управления, что и другие Windows-приложения. Далее представлены краткие характеристики всех основных элементов интерфейса.

Заголовок программного окна расположен в самой верхней части окна. В нем отображается важная информация: название и номер версии программы, тип открытого документа, полный путь к нему (последовательность папок, определяющих положение документа на жестком диске) и его имя.

Строка меню находится в верхней части программного окна, сразу под заголовком. Здесь расположены все основные меню системы. В каждом из меню хранятся связанные с ним команды.

Панель управления находится в верхней части окна системы под строкой меню. На этой панели расположены кнопки, позволяющие обращаться к наиболее часто используемым командам. Состав *Панели управления* различен для разных режимов работы системы. Кроме того, набор кнопок на панели управления можно изменить с помощью средств настройки системы. Многие команды *Строки меню* дублируют кнопки на *Панели управления*.

Окно документа обычно занимает основную часть программного окна КОМПАС-3D LT. Здесь размещается текущее изображение детали, здесь же будут появляться все новые документы, в этой области выполняются все операции, связанные с построением, оформлением или редактированием документов. Все остальные элементы программного окна занимают обслуживание данной области.

Строка сообщений располагается в самом низу программного окна КОМПАС-3D LT. В ней отображаются различные сообщения и запросы системы, в частности:

- краткая информация об элементе экрана, к которому подведен курсор;
- сообщение о том, ввода каких данных ожидает система в данный момент;
- краткая информация о текущем действии, выполняемом системой.

*Строка сообщений* позволяет правильно реагировать на запросы и сообщения системы и избегать ошибок при выполнении построений.

Строка текущего состояния находится в нижней части окна КОМПАС-3D LT сразу над строкой сообщений. Состав *Строки текущего состояния* различен для разных режимов работы системы. Например, в режиме работы с деталью здесь расположены средства управления масштабом и ори-

ентацией модели, которые представлены стандартными элементами управления: кнопками, полями и списками.

Инструментальная панель по умолчанию находится в левой части окна системы. Каждой кнопке на *Панели переключения* соответствует одноименная страница, а каждая страница содержит набор кнопок, сгруппированных по функциональному признаку.

Состав кнопок на *Инструментальной панели* состоит из двух частей:

- панели переключения;
- инструментальной страницы.

Так, сразу после открытия трехмерной модели автоматически включается кнопка **Построение детали** на *Панели переключения* и открывается страница **Построение детали** *Инструментальной панели*.

Некоторые кнопки на страницах *Инструментальной панели* могут быть выделены бледным цветом. Это значит, что в данный момент отсутствуют условия для их выполнения.

Для переключения между страницами используются кнопки *Панели переключения*, расположенной в верхней части *Инструментальной панели*. Одновременно на экране отображается только одна страница.

Кнопка **Пространственные кривые** на *Панели переключения* открывает одноименную страницу *Инструментальной панели*. На ней расположены кнопки команд, с помощью которых в окне модели можно создавать цилиндрические и конические спирали, трехмерные ломаные линии и плавные кривые (сплайны).

Единственная кнопка на странице **Поверхности** позволяет импортировать в файл модели КОМПАС поверхности, записанные в файлах, – пространственные кривые. Кнопка **Вспомогательная геометрия** на *Панели переключения* открывает страницу **Измерения**, на которой расположены команды, позволяющие создавать в окне модели объекты вспомогательной геометрии: оси, плоскости и линии разреза. На странице **Измерения** расположены кнопки команд, позволяющих выполнять измерения различных геометрических характеристик трехмерной модели: определять расстояния между ребрами и гранями, подсчитывать длины ребер и площадь граней, и другие характеристики модели.

Панели расширенных команд. Некоторые команды на страницах *Инструментальной панели* допускают несколько вариантов выполнения. Например, вспомогательная плоскость в КОМПАС-3D LT может быть построена несколькими различными способами. По умолчанию строится смещенная плоскость. Чтобы получить доступ к иным вариантам построения вспомога-

тельных плоскостей, необходимо вызвать на экран *Панель расширенных команд*. Кнопки на страницах *Инструментальной панели*, имеющие *Панели расширенных команд*, помечены небольшим черным треугольником в правом нижнем углу.

*Панель специального управления* автоматически появляется на экране после вызова любой команды *Инструментальной панели*, *Панели управления* и в режиме редактирования объектов. Здесь находятся кнопки, позволяющие управлять ходом выполнения основной команды.

Содержимое *Панели специального управления* зависит от основной команды, выполняемой в данное время.

*Дерево построения* является важнейшим элементом интерфейса КОМПАС-3D LT. В нем в графическом виде представлена последовательность элементов, составляющих деталь в порядке их создания. В *Дереве построения* отображаются следующие элементы: наименование детали, плоскости, символ начала координат, оси, операции и эскизы. *Дерево построения* является неотъемлемой частью каждой трехмерной модели и оформляется в виде отдельного окна со стандартными элементами управления: заголовком, границами и кнопками управления окном.

#### 1.4. Управление масштабом отображения детали

Размеры проектируемой детали могут значительно отличаться от размеров экрана монитора. Поэтому при работе над моделью постоянно возникает необходимость изменять масштаб ее отображения.

Средства КОМПАС-3D LT позволяют работать с моделями самых разных размеров за счет увеличения или уменьшения масштаба отображения детали в окне документа, причем эти изменения не оказывают никакого влияния на ее реальные размеры.

*Просмотр текущего документа целиком*. Сразу после открытия документа или в процессе работы над ним бывает необходимо увидеть его в целом. Для этого нажмите кнопку ***Показать*** все на *Панели управления* или выполните команду ***Сервис – Показать все***. Система автоматически подберет максимально возможный масштаб отображения, при котором деталь целиком отобразится в окне документа.

Если модель имеет большие размеры, ее мелкие элементы становятся трудноразличимыми, зато хорошо видна ее общая форма. Небольшие детали, напротив, будут увеличены.

*Увеличение масштаба рамкой*. Если нужно подробнее рассмотреть какую-либо часть модели, выполнить построения или корректировку элемен-

тов детали на ограниченном участке, необходимо предварительно увеличить этот участок во весь экран. Нажмите кнопку **Увеличить масштаб рамкой** на *Панели управления* или выполните команду **Сервис – Увеличить масштаб рамкой**.

После просмотра увеличенного участка можно вернуться в режим отображения всей модели, щелкнув на кнопке **Показать все**.

Построение рамки увеличения можно начинать с любого угла.

Увеличение и уменьшение масштаба изображения осуществляется в фиксированное количество раз (по умолчанию в 2 раза) с помощью кнопок **Увеличить масштаб** и **Уменьшить масштаб** на *Панели управления*. При использовании данных команд за центр каждого нового изображения берется центр предыдущего.

Для того чтобы вернуться в режим просмотра всего документа, необходимо щелкнуть по кнопке **Показать все**.

Команды увеличения и уменьшения масштаба имеют клавиатурные аналоги. Кнопке **Увеличить масштаб** соответствует клавиша <+> на цифровой (дополнительной) клавиатуре, а кнопке **Уменьшить масштаб** – клавиша <->.

### 1.5. Управление ориентацией детали

При работе над моделью постоянно требуется просматривать ее с разных сторон. Для этого в КОМПАС-3D LT предусмотрены различные средства управления ориентацией детали.

Вращение детали с помощью мыши. Для произвольного вращения модели в любом направлении нажмите кнопку **Повернуть** на *Панели управления*. После вызова команды внешний вид курсора изменится – он превратится в две дугообразные стрелки.

Поместите курсор в окно детали, нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор. Деталь будет вращаться вокруг своего геометрического центра, а направление вращения будет зависеть от направления перемещения курсора.

Вращение детали с помощью клавиатуры. Вращать деталь на экране можно также с помощью клавиатуры, используя клавиатурные команды, приведенные в таблице.

Использование стандартных ориентаций. Любую модель можно расположить в пространстве таким образом, что одна из трех стандартных плоскостей проекций будет параллельна плоскости экрана.

При этом можно получить любую стандартную проекцию детали, соответствующую ее видам на листе чертежа.

<Ctrl>+<Shift>+<?> <Ctrl>+<Shift>+<J>	Вращение детали в вертикальной плоскости
<Ctrl>+<Shift>+<-*> <Ctrl>+<Shift>+<<->	Вращение детали в горизонтальной плоскости
<Alt>+<->> <Alt>+<<->	Вращение детали в плоскости экрана
<Пробел>+<Т> <Пробел >+<!>	Поворот детали на 90° в горизонтальной плоскости
<Пробел >+<->> <Пробел>+<<->	Поворот детали на 90° в вертикальной плоскости

Для получения нужной проекции детали щелкните мышью на кнопке **Список видов** в *Строке текущего состояния* и выберите название стандартной проекции из списка видов. Выбранная вами проекция будет отображена в поле **Текущая ориентация изображения**.

Иногда требуется, чтобы параллельно плоскости экрана располагалась не одна из стандартных плоскостей проекций, а определенная плоская грань детали либо построенная пользователем вспомогательная плоскость. Для получения такой ориентации необходимо указать щелчком мыши нужный плоский объект в модели, а затем выбрать из списка видов строку **Нормально к ...**

Создание пользовательской ориентации. Расширить список стандартных видов можно, запомнив текущую ориентацию модели под каким-либо именем и впоследствии возвращаясь к ней в любое время, выбирая имя из списка.

С помощью кнопки **Повернуть** установите удобную для вас ориентацию модели. Нажмите кнопку **Ориентация** в *Строке текущего состояния*. В диалоговом окне **Ориентация вида** нажмите кнопку **Добавить** и введите имя нового вида. Нажмите кнопки **ОК** и **Выход**. Созданная вами ориентация будет добавлена в список стандартных видов.

С помощью диалогового окна **Ориентация вида** вы можете не только создавать новый вид, но и выбирать любой из существующих видов. Для этого щелчком мыши необходимо выбрать нужный вид в списке и нажать кнопку **Установить**. Кроме того, ставший ненужным пользовательский вид можно удалить из списка с помощью кнопки **Удалить**.

## 1.6. Управление режимом отображения детали

В любой момент при работе над моделью пользователь может устанавливать различные варианты ее отображения. В зависимости от ситуации более удобными могут быть различные режимы.

Для выбора режима отображения нужно воспользоваться соответствующими кнопками на *Панели управления* или выполнить команду **Сервис – Отображение**.

Каркас. Данный вариант установлен по умолчанию для всех новых моделей. В этом режиме отображаются все ребра детали. Для установки режима нажмите кнопку **Каркас** на *Панели управления* или выполните команду **Сервис – Отображение – Каркас**.

Без невидимых линий. В этом режиме деталь отображается без невидимых в текущей ориентации линий. При этом отображается только совокупность видимых (в текущей ориентации детали) ребер и видимых частей ребер. Для установки режима нажмите кнопку **Без невидимых линий** на *Панели управления* или выполните команду **Отображение – Без невидимых линий**.

Невидимые линии тонкие. В данном режиме можно отобразить деталь с невидимыми линиями (невидимыми ребрами и частями ребер) более светлыми, чем видимые линии. Для вызова команды нажмите кнопку **Невидимые линии тонкие** на *Панели управления* или выполните команду **Сервис – Отображение – Невидимые линии тонкие**.


Полутоновое. Этот режим позволяет получить наиболее полное представление о форме поверхности детали. При полутоновом отображении детали учитываются оптические свойства ее поверхности (цвет, блеск, диффузия и т. д.). Для вызова команды нажмите кнопку **Полутоновое** на *Панели управления* или выполните команду **Сервис – Отображение – Полутоновое**.

Перспектива. Посредством данного режима возможно получить еще более реалистичное изображение детали в соответствии с особенностями зрительного восприятия человека. Точка схода перспективы расположена посередине окна детали. Все перечисленные режимы отображения (каркасное, полутоновое, без невидимых линий и с тонкими невидимыми линиями) можно сочетать с перспективной проекцией. Для вызова команды нажмите кнопку **Перспектива** на *Панели управления* или выполните команду **Сервис – Отображение – Перспектива**.



## 2. Приемы создания модели детали

Для создания нового файла, содержащего трехмерную модель детали, необходимо вызвать из меню **Файл** команду **Создать деталь** или на-

жать на кнопку **Новая деталь** . После этого выводятся *Инструментальная панель* команд и в окне деталей – *Дерево построений*. Нажатие и удержание кнопок на *Инструментальной панели*, отмеченных зачерненным треугольничком, приводит к раскрытию дополнительных функционально связанных с этими кнопками панелей команд.

### 2.1. Система координат и плоскости проекций

В каждом файле детали существует система координат и проекционные плоскости, определяемые этой системой. Название этих объектов появляется в *Дерево построений* после создания нового файла детали. Изображение системы координат появляется посередине окна детали; чтобы увидеть изображение проекционных плоскостей, нужно выделить их в *Дерево построений*.

Плоскости показываются на экране в виде прямоугольников, лежащих в этих плоскостях; такое отображение позволяет увидеть расположение плоскости в пространстве. Иногда для понимания расположения плоскости требуется, чтобы символизирующий ее прямоугольник был больше (меньше) или был расположен в другом месте плоскости. Можно изменить размер и положение этого прямоугольника.

В системе КОМПАС 3D принята ориентация координатных осей и плоскостей проекций, показанная на рис. 2.1.

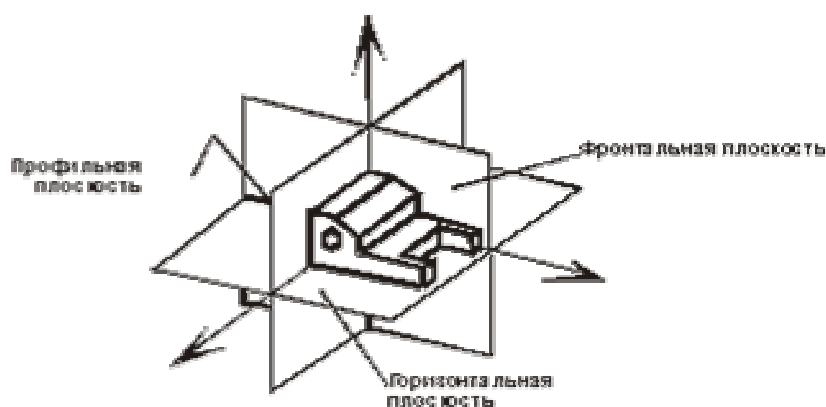


Рис. 2.1

Плоскости проекций и систему координат невозможно удалить из файла детали. Их можно переименовать, а также отключить их показ в окне детали.

## 2.2. Создание основания детали

Построение трехмерной модели детали начинается с создания основания – ее первого формообразующего элемента. Основание есть у любой детали и оно всегда одно. При построении основания можно использовать любой из четырех типов формообразующих элементов: элемент выдавливания, элемент вращения, кинематический элемент и элемент по сечениям.

Форма основания детали определяется из конструкции будущей детали. При выборе формы основания деталь разбивается на составляющие ее формообразующие элементы (параллелепипеды, призмы, цилиндры, конусы, торы, кинематические элементы и т. д.). При этом мелкие конструктивные элементы (фаски, скругления, проточки и т. п.) из рассмотрения исключаются.

Чаще всего в качестве основания используют самый крупный из указанных элементов. Если в составе детали есть несколько сопоставимых по размерам элементов, то в качестве основания выбирают тот из них, к которому потребуется добавлять (вырезать) наибольшее количество дополнительных форм.

Иногда в качестве основания используют простой элемент (например, параллелепипед, цилиндр), описанный вокруг проектируемой детали или ее части (рис. 2.2).

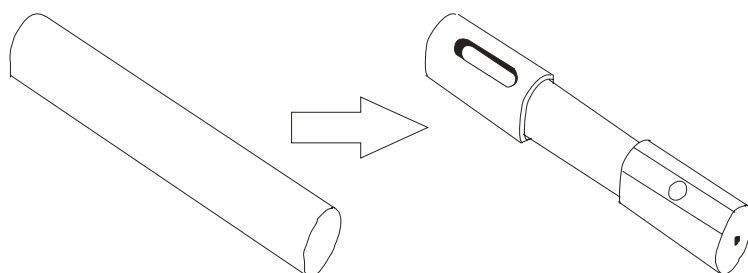


Рис. 2.2

В некоторых случаях можно выбрать основание детали (а также наметить дальнейший порядок проектирования детали), представив технологический процесс её изготовления (рис. 2.3).

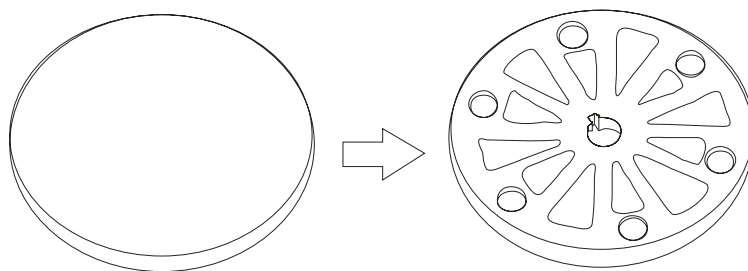


Рис. 2.3

Построение любого основания начинается с создания эскиза. Эскиз – это плоская фигура, на основе которой строится объемное тело. Формообразующее перемещение эскиза называется операцией.

Как правило, для построения эскиза выбирают одну из существующих в файле детали плоскостей проекций. Перед созданием эскиза в *Дереве построений* детали выбирается требуемая плоскость (горизонтальная, фронтальная или профильная) и вид (сверху, спереди, слева и т. д.). Эскиз удобно строить, когда его плоскость совпадает с плоскостью экрана.

Выбор положения выделенной плоскости относительно плоскости экрана производится в поле **Ориентация** *Строки текущего состояния*.

Чтобы создать эскиз в выделенной плоскости, необходимо вызвать из контекстного меню команду **Новый эскиз** или нажать одноименную кнопку



на *Панели управления*. После этого система перейдет в режим редактирования эскиза, в котором доступны все команды построения и редактирования графических объектов КОМПАС-ГРАФИК.

Общие требования к эскизам. Как правило, эскиз представляет собой сечение объемного элемента. Реже эскиз является траекторией перемещения другого эскиза – сечения. Для создания объемного элемента подходит не любое изображение в эскизе, оно должно подчиняться некоторым правилам.

Одним из основных правил при описании эскиза является контур. Если при работе в графическом документе (фрагменте или чертеже) контур – это единый графический объект, то при работе в эскизе под контуром понимается любой линейный графический объект или совокупность последовательно соединенных линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т. д.).

Дополнительные требования:

- контуры в эскизе не пересекаются и не имеют общих точек;
- контур в эскизе изображается основной линией;
- эскиз может содержать несколько слоев.

Когда создание эскиза закончено, необходимо перейти в режим трехмерных построений. Такой переход осуществляется с помощью команды **Закончить эскиз** из контекстного меню или нажатием расположенной на




*Панели управления* кнопки **Закончить эскиз**.

Команды, образующие основание детали в требуемой форме, выбирают из меню **Операции**. При выборе операции на экран выводится диалоговое меню ввода параметров.

Все значения параметров при вводе и редактировании отображаются на экране в виде фантома соответствующего элемента. Чтобы диалог ввода параметров не закрывал фантом, можно переместить его мышью в другое место экрана.

Элемент выдавливания. Для создания основания детали в виде элемента выдавливания надо вызвать команду **Операция выдавливания** или

нажать кнопку **Операция выдавливания** .

Требования к эскизу элемента выдавливания:

- в эскизе основания может быть один или несколько контуров;
- если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, то все они должны быть замкнуты, при этом один из них должен быть наружным, а другие – вложенными в него;
- допускается один уровень вложенности контуров.

Параметры операции выдавливания. Диалог ввода параметров содержит две вкладки: установка параметров операции выдавливания и установка параметров тонкой стенки (при необходимости).

Завершение задания всех параметров элемента выдавливания фиксируется кнопкой **Создать** на диалоговой панели ввода параметров.

Выбор направления выдавливания. Если эскиз требуется выдавливать в одном направлении, то можно выбрать прямое или обратное направление. Чтобы различать направления выдавливания, на фантоме в окне детали показана стрелка, соответствующая прямому направлению. Если выбрана опция **Прямое направление**, выдавливание будет производиться по стрелке, если выбрана опция **Обратное направление** – в противоположную сторону. На рис. 2.4 приведен пример выдавливания в прямом направлении без уклона а, с уклоном внутрь б и с уклоном наружу в.

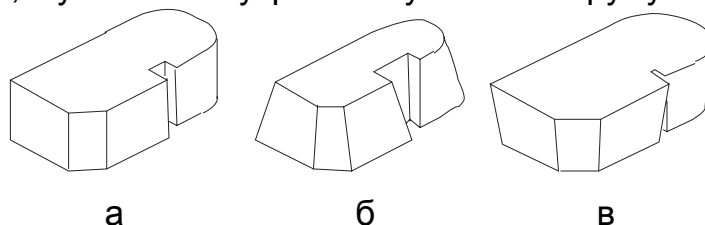


Рис. 2.4

При выборе опции **Два направления** выдавливание производится в

обе стороны. Пример выдавливания в двух направлениях с различными значениями уклонов приведен на рис. 2.5.

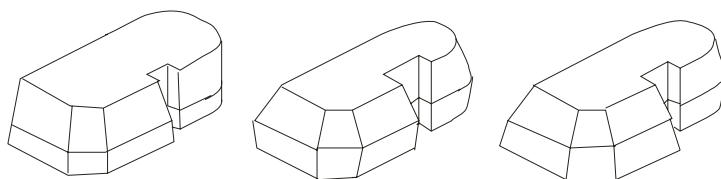


Рис. 2.5

Если выбран вариант **Средняя плоскость**, то выдавливание будет производиться в обе стороны симметрично относительно плоскости эскиза, как показано на рис. 2.6. Примеры тонкостенных элементов выдавливания показаны на рис 2.7

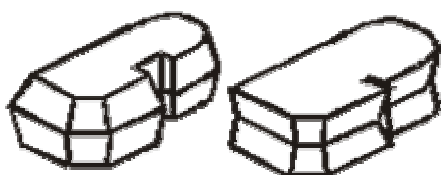


Рис. 2.6

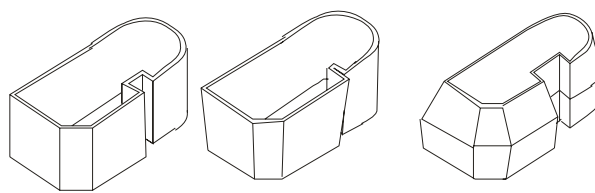


Рис. 2.7

Элемент вращения. Для создания основания детали в виде элемента вращения вызывается команда **Операция вращения** или нажимается



кнопка **Операция вращения**. Команда доступна, если в модели еще нет основания детали и выделен один эскиз.

Требования к эскизу элемента вращения:

- ось вращения должна быть изображена в эскизе осевой линией;
- ось вращения должна быть одна;
- в основании детали может быть один или несколько контуров;
- если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, все они должны быть замкнуты, при этом один из них должен быть наружным, а другие вложенными в него;
- допускается один уровень вложенности контуров;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения.

Параметры операции вращения. После вызова команды **Операция вращения** на экране появляется диалог ввода параметров.

Если в эскизе несколько вложенных контуров, то внешний контур образует форму элемента вращения, а внутренние контуры образуют отверстия. Диалог параметров содержит две вкладки: в первой устанавливаются параметры операции вращения, а во второй – параметры тонкой стенки.

Если контур сечения в эскизе не замкнут, возможны два построения

элемента вращения: сфероид и тороид.

При построении сфероида учитываются проекции концов контура, проецируемых на ось вращения, в результате получается сплошной элемент.

При построении тороида вращается только контур в эскизе, к получившейся поверхности добавляется слой материала, в результате получается тонкостенная оболочка – элемент с отверстием вдоль оси вращения.

На рис. 2.8, а, б приведены примеры построения сфероида а и тороида б соответственно.

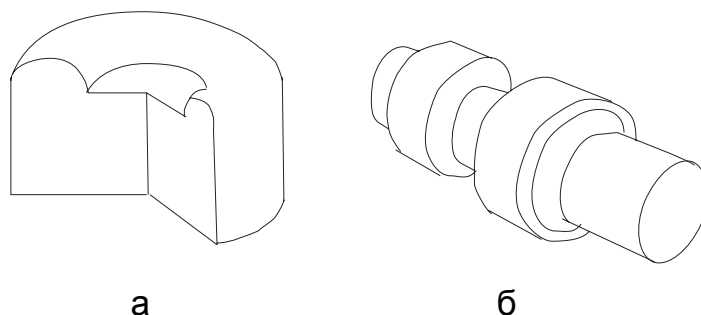


Рис. 2.8

Выбор направления вращения. Если эскиз требуется вращать в одном направлении, то указывается направление – прямое или обратное. Чтобы различать направления, на фантоме в окне детали показана стрелка, соответствующая прямому направлению. Если выбрана опция **Прямое направление**, вращение будет производиться по стрелке, при **Обратном направлении** – в противоположную стрелке сторону.

Можно выбрать также опцию **Два направления**. В этом случае вращение будет производиться в обе стороны. Ещё один вариант – **Средняя плоскость**. В этом случае вращение будет производиться в обе стороны симметрично относительно плоскости эскиза. В результате получится элемент, у которого плоскость эскиза является плоскостью симметрии (т. е. средней плоскостью).

После выбора направления требуется задать угол, на который будет производиться вращение.

Если выбрано вращение в двух направлениях, то угол вводится дважды – для прямого и обратного направлений.

Для варианта **Средняя плоскость** угол задается один раз. При этом он понимается как общий угол (т. е. в каждую сторону откладывается его половина).

На рис. 2.9 представлен элемент вращения, полученный на основе вращения эскиза а в одну сторону б, в две стороны в и относительно средней плоскости г.

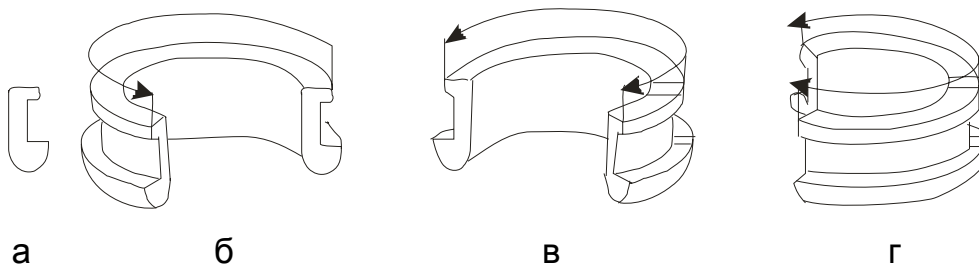


Рис. 2.9

Если необходимо создать тонкостенный элемент, поверхность которого представляет собой след движения контура эскиза, то активизируется вкладка *Параметры тонкой стенки*, в которой включается опция **Создавать тонкую стенку**, указывается направление добавления материала и вводится значение толщины стенки.

Ввод всех параметров элемента вращения завершается кнопкой **Создать** на панели ввода параметров. Созданный элемент вращения появляется в окне детали, а соответствующая ему пиктограмма – в *Дереве построений*. На рис. 2.10 приведены примеры тонкостенных элементов вращения.

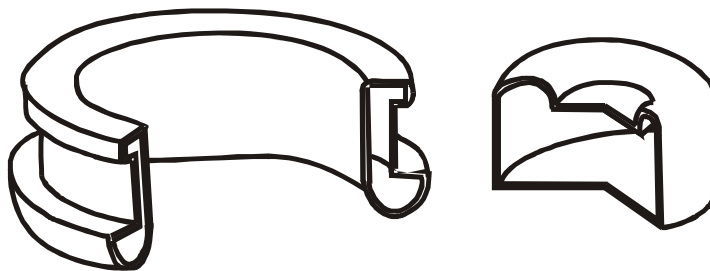



Рис. 2.10

***Кинематический элемент.*** Для создания основания детали в виде кинематического элемента вызывается команда **Операция – Кинематическая** или нажимается кнопка **Кинематическая операция** .

Команда доступна, если в модели еще нет основания детали, но есть не менее двух эскизов. Выделение эскизов перед вызовом команды необязательно. При выполнении кинематической операции используются как минимум два эскиза: в одном из них изображено сечение кинематического элемента, а в остальных – траектория движения сечения.

Далее перечислены требования, предъявляемые к эскизам кинематического элемента.

Эскиз-сечение:

- в эскизе-сечении может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым.

Эскиз-траектория. Если траектория состоит из одного эскиза, должны выполняться следующие условия:

- в эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- если контур замкнут, он должен пересекать плоскость эскиза-сечения;
- эскиз-траектория должен лежать в плоскости, не параллельной плоскости – эскиза-сечения, и не совпадающей с ней.

Если траектория состоит из нескольких эскизов, должны выполняться следующие условия:

- в каждом эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур должен быть разомкнутым;
- контуры в эскизах должны соединяться друг с другом последовательно (начальная точка одного совпадает с конечной точкой другого);
- если эскизы образуют замкнутую траекторию, то она должна пересекать плоскость эскиза-сечения;
- если эскизы образуют незамкнутую траекторию, то ее начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- контур, образующий начало траектории, не должен лежать в плоскости, параллельной плоскости сечения или совпадающей с ней.

Указание сечения и траектории его движения. Чтобы задать траекторию движения сечения, включите опцию **Траектория** диалога параметров и выберите нужный объект (например, эскиз). Если траектория состоит из нескольких последовательно соединенных контуров в разных эскизах, их нужно указывать в порядке соединения.

Если эскиз указан ошибочно, то можно произвести повторное указание, не выходя из команды. Для этого щелкните мышью в свободном месте окна детали. Выделение ранее указанных объектов будет снято, и можно будет указать нужный эскиз. Если требуется снять выделение не со всех указанных эскизов, а с одного или нескольких конкретных, щелкните мышью на этих эскизах в окне детали или в *Дереве построений*.

При перемещении вдоль траектории эскиза он может менять свою ориентацию. В опции выбора типа движения сечения есть три варианта: ортогонально траектории, параллельно самому себе и с сохранением угла наклона.

При выборе движения сечения **параллельно самому себе** сечение пе-



ремещается так, что в любой точке элемента его плоскость параллельна плоскости эскиза, содержащего сечение (рис. 2.11, а).

При выборе движения сечения **ортогонально траектории** сечение перемещается так, чтобы в любой точке элемента плоскость сечения была перпендикулярна траектории (рис. 2.11, б).

При выборе движения сечения с **сохранением угла наклона** сечение перемещается так, чтобы в любой точке элемента угол между плоскостью сечения и траекторией был постоянным и равным углу между плоскостью эскиза-сечения и траекторией в начальной точке траектории (рис. 2.11, в).

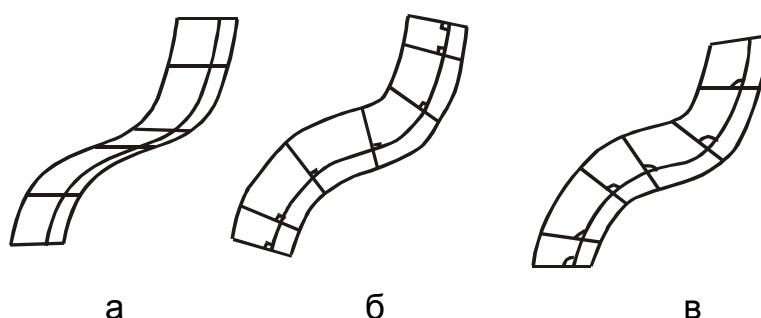


Рис. 2.11

На рис. 2.12 приведены примеры построения кинематических элементов на базе эскиза а, с сохранением угла наклона б, ортогонально траектории в и параллельно самому себе г.

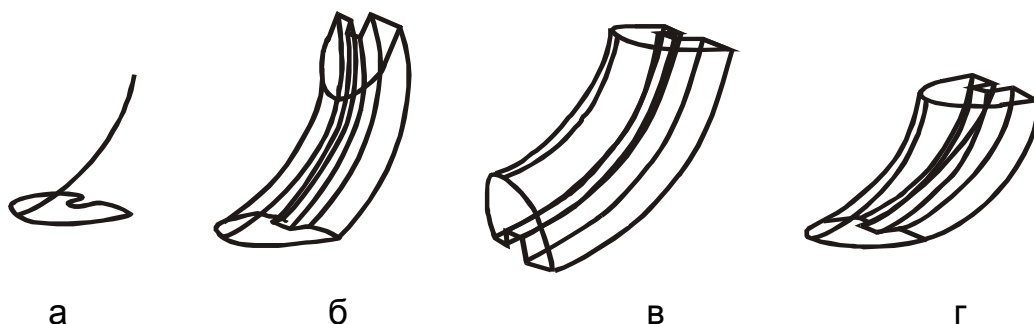


Рис. 2.12

Чтобы создать тонкостенный элемент, поверхность которого представляет собой след движения контура эскиза-сечения, необходимо перейти на вкладку **Параметры тонкой стенки** и включить опцию **Создать тонкую стенку**.

Если контур в эскизе сечения не замкнут, то может быть построен только тонкостенный элемент.

Примеры тонкостенных кинематических элементов показаны на рис. 2.13.

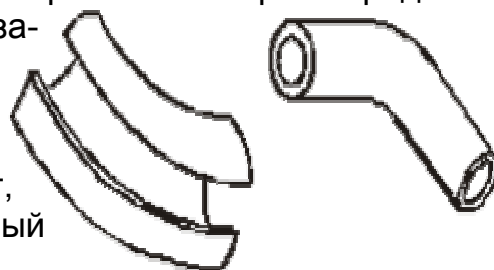


Рис. 2.13

Элемент по сечениям. Для создания основания детали в виде элемента по сечениям вызовите команду **Операция – по сечениям** или нажмите



кнопку **Операция по сечениям**. Команда доступна, если в модели еще нет основания детали, но есть не менее двух эскизов. Выделение эскизов перед вызовом команды необязательно.

При выполнении операции по сечениям используется несколько эскизов, в каждом из которых изображено сечение элемента. В одном из эскизов, используемых при построении элемента по **сечениям**, может быть изображена направляющая, задающая профиль элемента по сечениям. Использование направляющей при построении элемента по сечениям необязательно.

Требования к эскизам элемента по сечениям:

- эскизы могут быть расположены в произвольно ориентированных плоскостях;
- в каждом эскизе может быть только один контур;
- контуры в эскизах должны быть или все замкнуты, или все разомкнуты.

Требования к эскизу направляющей:

- в эскизе может быть только один контур;
- контур в эскизе должен представлять собой сплайн;
- контур может быть замкнутым или разомкнутым;
- если контур разомкнут, его конечные точки должны лежать в плоскостях первого и последнего эскизов сечений;
- если контуры сечений замкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать плоскости эскизов сечений внутри контуров сечений или в точках, принадлежащих этим контурам;
- если контуры сечений разомкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать контуры эскизов сечений;
- эскиз должен лежать в плоскости, не параллельной плоскостям эскизов сечений.

Указание сечений и направляющей элемента. Для задания сечения элемента включается опция **Сечение** в меню диалога параметров и выбираются сечения согласно порядка их следования в элементе. Сечения можно указывать в *Дереве построения*, выбирая соответствующие эскизы или щелчком мыши на графических объектах в этих сечениях.

Направляющая элемента задается с помощью опции **Направляющая** диалога параметров и выбором ее эскиза.

Элементы по сечениям без направляющей и с направляющей представлены, соответственно на рис. 2.14, а, б.

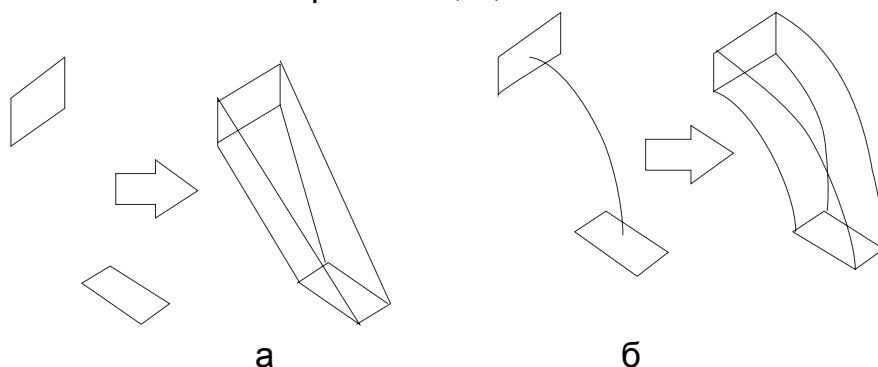


Рис. 2.14

По умолчанию в диалоге параметров включена опция **Автоматическая генерация пути**. В этом случае система автоматически определяет, какие точки сечений соединять при построении элемента (рис. 2.15).

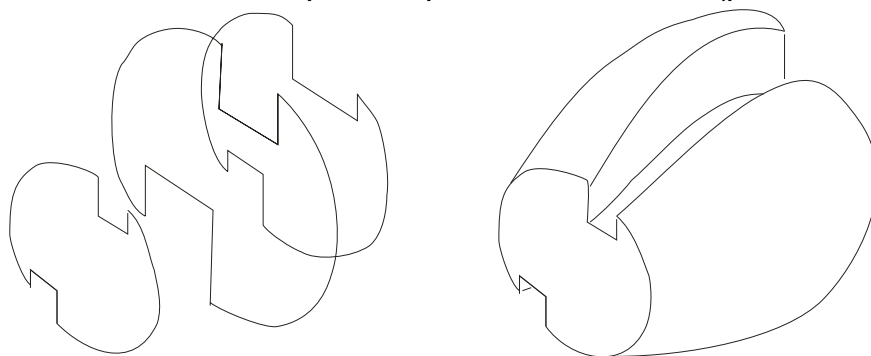


Рис. 2.15

Если опция **Автоматическая генерация пути** отключена, происходит последовательное соединение эскизов по точкам, ближайшим к точкам их указания. Если эскизы указываются в *Дереве построений* детали, то срабатывает алгоритм автоматической генерации пути.

Рекомендуется указывать сечения в окне детали в точках (вершинах), которые должны последовательно соединяться (рис. 2.16).

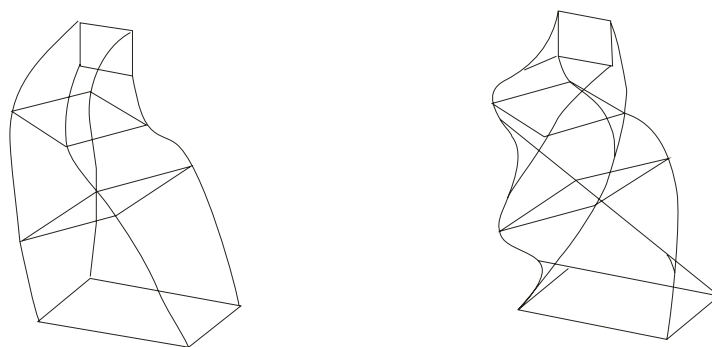


Рис. 2.16

Опция **Замкнуть** становится активной, когда отключена автоматическая генерация пути. Ее включение означает, что требуется соединить сечения, которые были указаны первым и последним, т. е. создать замкнутый элемент (рис. 2.17).

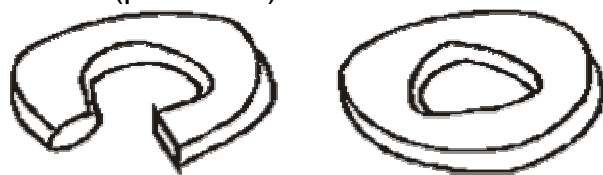


Рис. 2.17

Созданный по сечениям элемент появляется в окне детали, а соответствующая ему пиктограмма – в *Дереве построения*.

### 2.3. Приклеивание и вырезание дополнительных элементов

После создания основания детали можно приклеивать к нему или вычитать из него следующие формообразующие элементы: выдавливания, вращения, кинематические, по сечениям. Основные правила построения этих элементов аналогичны правилам построения оснований соответствующей формы.

При вводе параметров операций вырезания или приклеивания доступно несколько больше опций, чем при построении основания. Дополнительные опции позволяют упростить задание параметров элементов, а также связать их друг с другом. Например, при создании сквозного отверстия можно не рассчитывать его длину, а указать, что оно должно быть построено через всю деталь, а при создании бобышки указать, что она должна быть построена до определенной поверхности.

Приклеивание или вырезание формообразующего элемента начинается с создания его эскиза. Эскиз добавляемого к детали или вычитаемого из детали формообразующего элемента может быть расположен не только в проекционной или вспомогательной плоскости, но и на плоской грани самой детали. Для создания эскиза на плоской грани выделите эту грань и вызовите команду **Новый эскиз**. Если выделенная грань – не плоская или выделено несколько граней (плоскостей), то команда создания нового эскиза недоступна.

Фантомы ребер грани могут учитываться при наложении параметрических связей и ограничений. Например, отрезки в эскизе можно сделать перпендикулярными или параллельными ребрам грани. Можно привязать характерные точки объектов к ребрам грани и т. д.









Для создания в эскизе проекции какого-либо объекта необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Спроецировать объект** или нажать

кнопку **Спроецировать объект**  на *Панели управления*.

Далее указывается объект, проекцию которого требуется получить, – грань, ребро или ось. Система создаст в эскизе проекцию объекта и будет ожидать указания следующего объекта для построения проекции.

Когда создание эскиза закончено, необходимо перейти в режим трехмерных построений и вызвать команду построения формообразующего элемента или начать создавать новый эскиз.

Команды приклеивания и вырезания к детали формообразующих элементов расположены в меню **Операции**. Кнопки быстрого вызова этих команд находятся в одной группе на *Инструментальной панели* построения детали, которая вызывается соответствующей кнопкой на *Панели переключения*. В таблице представлены пиктограммы кнопок быстрого вызова.

			
Приклеить выдавливанием	Приклеить вращением	Приклеить кинематически	Приклеить по сечениям
			
Вырезать выдавливанием	Вырезать вращением	Вырезать кинематически	Вырезать по сечениям

После вызова команд (их имена приведены в таблице) на экране появляется диалог ввода параметров формообразующих элементов. Все значения параметров при их вводе и редактировании отображаются на экране в виде соответствующих фантомов команд. Завершение ввода параметров элементов производится кнопкой **Создать**, расположенной на панели ввода параметров.

Приклеенные формообразующие элементы появляются в окне детали, а соответствующие им пиктограммы – в *Дереве построений*.

Команда **Приклеить выдавливанием**. В эскизе приклеиваемого элемента выдавливания может быть один или несколько контуров, причем допускается любой уровень вложенности контуров.

Команда **Приклеить вращением** доступна, если в модели есть основание детали и выделен один эскиз (рис. 2.18).

Требования к эскизу приклеиваемого элемента вращения:

- ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии *Осевая*;
- ось вращения должна быть одна;

- в эскизе приклеиваемого элемента вращения может быть один или несколько контуров;
- если контур один, то он может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контуров несколько, все они должны быть замкнуты;
- допускается любой уровень вложенности контуров;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения или ее продолжение;
- все контуры должны лежать по одну сторону от оси вращения.

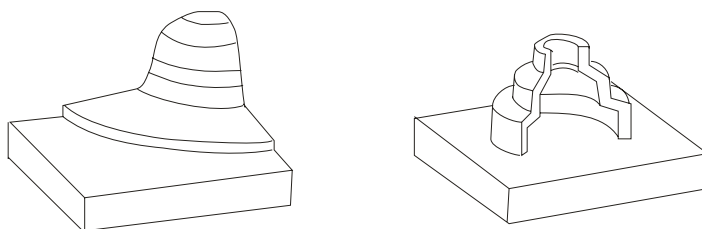


Рис. 2.18

Команда **Приклеить кинематически** доступна, если в модели есть основание детали и не менее одного эскиза, который не задействован в выполнении других операций. Выделение эскизов перед вызовом команды необязательно.

Для создания кинематического элемента требуется задание его сечения и траектории перемещения сечения. Сечение должно быть изображено в эскизе. Траекторией может служить контур в эскизе (или несколько соединяющихся контуров в разных эскизах) или ребро детали (или несколько соединяющихся ребер).

Далее перечислены требования, предъявляемые к эскизам приклеиваемого кинематического элемента.

**Эскиз-сечение:**

- в эскизе-сечении может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым.

**Эскиз-траектория.** Если траектория состоит из одного эскиза, должны выполняться следующие условия:

- в эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его начало должно лежать в плоскости эскиза сечения;
- если контур замкнут, он должен пересекать плоскость эскиза-сечения;
- эскиз-траектория должен лежать в плоскости, не параллельной плоскости эскиза-сечения, и не совпадающей с ней.

Если траектория состоит из нескольких эскизов, должны выполняться следующие условия:

- в каждом эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур должен быть разомкнутым;
- контуры в эскизах должны соединяться друг с другом последовательно (начальная точка одного совпадает с конечной точкой другого);
- если эскизы образуют замкнутую траекторию, то она должна пересекать плоскость эскиза-сечения;
- если эскизы образуют незамкнутую траекторию, то ее начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- контур, образующий начало траектории, не должен лежать в плоскости, параллельной плоскости сечения или совпадающей с ней.

Команда **Приклеить по сечениям** доступна, если в модели есть основание детали и не менее двух эскизов, которые не задействованы в выполнении других операций. Выделение эскизов перед вызовом команды необязательно.

Требования к эскизам приклеиваемого элемента по сечениям:

- эскизы могут быть расположены в произвольно ориентированных плоскостях;
- в каждом эскизе может быть только один контур;
- контуры в эскизах должны быть или все замкнуты, или все разомкнуты.

Требования к эскизу направляющей:

- в эскизе может быть только один контур;
- контур в эскизе должен представлять собой сплайн;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его конечные точки должны лежать в плоскостях первого и последнего эскизов сечений;
- если контуры сечений замкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать плоскости эскизов сечений внутри контуров сечений или в точках, принадлежащих этим контурам;
- если контуры сечений разомкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать контуры эскизов сечений;
- эскиз должен лежать в плоскости, не параллельной плоскостям эскизов сечений.

Команда **Вырезать выдавливанием**. В эскизе вырезаемого элемента

выдавливания может быть один или несколько контуров. Допускается любой уровень вложенности контуров.



Рис. 2.19

Примеры выполнения команды показаны на рис. 2.19.

Команда **Вырезать вращением** доступна, если в модели есть основание детали и выделен один эскиз.

Требования к эскизу вырезаемого элемента вращения:

- ось вращения изображается осевой линией;
- ось вращения должна быть одна;
- в эскизе вырезаемого элемента вращения может быть один или несколько контуров;
- допускается любой уровень вложенности контуров;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения или ее продолжение;
- все контуры должны лежать по одну сторону от оси вращения.

Если контур в эскизе сечения не замкнут, возможны два варианта построения элемента вращения – *сфероид* и *тороид*. Требуемый вариант выбирается из списка.

При построении сфероида учитывают проекции концов контура, проецируемых на ось вращения, построение элемента производится с учетом этих проекций. В результате получается сплошной элемент.

При построении тороида вращается только контур в эскизе, к получившейся поверхности добавляется слой материала. В результате получается тонкостенная оболочка – элемент с отверстием вдоль оси вращения.

Пример выполнения команды показан на рис. 2.20.

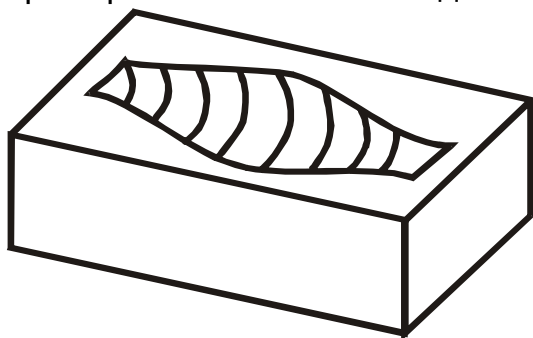


Рис. 2.20

Если элемент вращения с заданными параметрами пересекается с существующей деталью, то при вырезании можно удалить материал детали, находящийся внутри поверхности элемента выдавливания или снаружи этой поверхности, т. е. вычистить элемент из детали или получить пересечение элемента и детали.



Команда **Вырезать кинематически** доступна, если в модели есть основание детали и не менее одного эскиза, который не задействован в выполнении других операций. Выделение эскизов перед вызовом команды обязательно.

Для вырезания кинематического элемента требуется задание его сечения и траектории перемещения сечения. Сечение должно быть изображено в эскизе. Траекторией может служить контур в эскизе (несколько соединяющихся контуров в разных эскизах) или ребро детали (несколько соединяющихся ребер).

Далее перечислены требования, предъявляемые к эскизам вырезаемого кинематического элемента:

Эскиз-сечение:

- в эскизе-сечении может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым.

Эскиз-траектория. Если траектория состоит из одного эскиза, должны выполняться следующие условия:

- эскизе-траектории может быть только один контур;
- в контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его начало должно лежать в плоскости эскиза сечения;
- если контур замкнут, он должен пересекать плоскость эскиза-сечения;
- эскиз-траектория должен лежать в плоскости, не параллельной плоскости эскиза-сечения, и не совпадающей с ней.

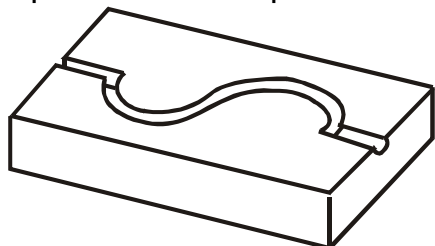
Если траектория состоит из нескольких эскизов, должны выполняться следующие условия:

- в каждом эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур должен быть разомкнутым;
- контуры в эскизах должны соединяться друг с другом последовательно (начальная точка одного совпадает с конечной точкой другого);
- если эскизы образуют замкнутую траекторию, то она должна пересекать плоскость эскиза-сечения;
- если эскизы образуют незамкнутую траекторию, то ее начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- контур, образующий начало траектории, не должен лежать в плоскости, параллельной плоскости сечения или совпадающей с ней.

Указание сечения элемента и траектории его движения. При перемещении вдоль траектории эскиз-сечение может менять свою ориентацию. В опции **Выбор типа движения** сечения есть три варианта: **ортогонально**

**траектории, параллельно самому себе** и с **сохранением угла наклона**.

При выборе движения сечения **ортогонально траектории** сечение перемещается так, чтобы в любой точке элемента плоскость сечения была перпендикулярна траектории. При выборе движения сечения **параллельно самому себе** сечение перемещается так, что в любой точке элемента его плоскость параллельна плоскости эскиза, содержащего сечение. При выборе сечения с признаком сохранения угла наклона сечение перемещается



так, чтобы в любой точке элемента угол между плоскостью сечения и траекторией был постоянным и равным углу между плоскостью эскиза-сечения и траекторией в ее начальной точке. Пример вырезанного кинематического элемента показан на рис. 2.21.

Рис. 2.21

При вырезании тонкостенного элемента требуется указать направление вычитания материала (наружу или внутрь относительно кинематической поверхности) и ввести значение толщины стенки.

Команда **Вырезать по сечениям** доступна, если в модели есть основание детали и не менее двух эскизов, которые не задействованы в выполнении других операций. Выделение эскизов перед вызовом команды обязательно.

При выполнении операции по сечениям используется несколько эскизов, причем в каждом из них изображено сечение элемента.

Требования к эскизам вырезаемого элемента по сечениям:

- эскизы могут быть расположены в произвольно ориентируемых плоскостях;

- в каждом эскизе может быть только один контур;

- в эскизах должны быть или все замкнуты, или все разомкнуты.

Требования к эскизу направляющей:

- в эскизе может быть только один контур;

- контур в эскизе должен представлять собой сплайн (NURBS или кривую Безье);

- контур может быть разомкнутым или замкнутым;

- если контур разомкнут, его конечные точки должны лежать в плоскостях первого и последнего эскизов сечений;

- если контуры сечений замкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать плоскости эскизов сечений внутри контуров сечений или в точках, принадлежащих этим контурам;

– если контуры сечений разомкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать контуры эскизов сечений;

– эскиз должен лежать в плоскости, не параллельной плоскостям эскизов сечений.

Чтобы задать сечения элемента, включается опция **Сечения** диалога параметров и сечения выбираются в том порядке, в котором они следуют в элементе.

По умолчанию в диалоге ввода параметров включена опция **Автоматическая генерация пути**. При автоматической генерации пути система определяет, какие точки сечений соединять при построении элемента.

Если опция **Автоматическая генерация пути** отключена, происходит последовательное соединение эскизов по точкам, ближайшим к точкам их указания. Если эскизы указаны в *Дереве построения* детали, то подключается алгоритм автоматической генерации пути.

Опция **Замкнуть** становится активной, когда отключена автоматическая генерация пути. Ее включение означает, что требуется соединить сечения, которые были указаны первым и последним, т.е. создать замкнутый элемент. Пример вырезанного элемента по сечениям показан на рис. 2.22.




Рис. 2.22

При вырезании тонкостенного элемента требуется указать направление вычитания материала (наружу или внутрь относительно поверхности по сечениям) и ввести значение толщины стенки.

#### 2.4. Дополнительные конструктивные элементы

К этим командам, позволяющим создавать дополнительные элементы, относятся операции создания фасок, скруглений, круглых отверстий, уклонов и ребер жесткости. Для упрощения ввода параметров этих операций их создание выделено в отдельные команды. Так, для построения фаски достаточно указать только ребра и ввести параметры – размеры катетов или размер катета и угол. Аналогично при построении отверстия достаточно выбрать его тип и ввести соответствующие параметры.

Команда **Фаска**  позволяет создать фаску на указанных ребрах детали (рис. 2.23).

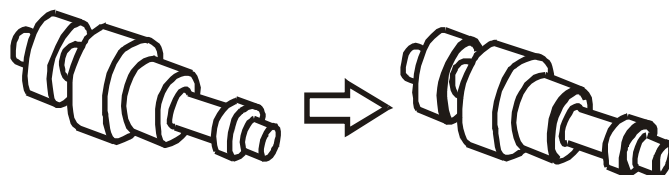


Рис. 2.23

Команда не выполняется для ребер, образованных гладкосопряженными гранями.

Команда **Скругление** позволяет скруглить указанные ребра детали.

Если несколько ребер, которые требуется скруглить, гладко соединяются (имеют общую касательную в точке соединения), то указывается одно из них и включается опция диалога параметров скругления **Продолжать по касательной**.

Если поверхность скругления пересекается с соседними гранями, то необходимо выбрать вариант выполнения операции, при котором будет сохранена форма ребер этих граней. Для этого следует включить в диалоге опцию с **сохранением кромки**.

Построение скруглений показано на рис. 2.24.

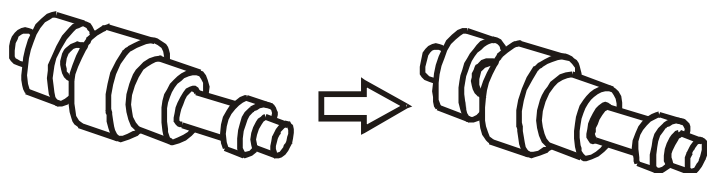



Рис. 2.24

Команда **Отверстие** служит для создания круглого отверстия со сложным профилем. Фантом отверстия с заданными параметрами ото-

бражается в окне детали. Точка привязки отверстия (она помечена на эскизе красным цветом) по умолчанию располагается в начале локальной системы координат грани, на которой создается это отверстие.

Чтобы разместить отверстие в нужном месте грани, раскройте поле  $p$  в **Строке параметров объектов** и укажите положение отверстия мышью или введите координаты центра отверстия в поле  $p$ .

Чтобы создать отверстие на криволинейной грани детали (например, конической), можно воспользоваться командами **Вырезать выдавливанием** или **Вырезать вращением**.

Команда **Уклон**  позволяет придать уклон плоским граням, перпендикулярным основанию, или цилиндрическим граням, образующие которых перпендикулярны основанию.

Основание уклона – это плоская грань детали, форма, размеры и угол наклона которой не изменятся после выполнения команды **Уклон**. Уклоняемые грани – это грани, угол наклона которых по отношению к основанию изменятся в результате выполнения данной команды.

Следует иметь в виду, что основание детали всегда одно. Уклоняемых граней может быть несколько. Уклоняемые грани должны быть смежными с основанием, между собой они могут быть не смежные.

Направление уклона граней выбирается включением соответствующей опции диалога.

При уклонении граней внутрь сечение элемента уменьшается, при уклонении наружу – увеличивается.

Иногда в качестве основания можно указать разные грани, причем результат выполнения команды будет зависеть от взаимного положения основания и уклоняемой грани.

Завершение задания всех параметров уклона производится кнопкой **Создать**.

Применение команды **Уклон** наиболее эффективно на завершающих этапах проектирования литых деталей, когда отдельным граням требуется придать небольшой уклон для облегчения выемки отливок из форм.


Уклон боковым граням элемента выдавливания можно придать также путем редактирования параметров этого элемента. Однако этот способ принципиально отличается от выполнения операции уклона:

– команда **Уклон** позволяет наклонить отдельные грани, а при выдавливании с уклоном наклоняются все боковые грани элемента;

– при выполнении команды **Уклон** не меняется положение элементов, подчиненных уклоняемым граням, а при редактировании элемента выдавливания с приданием уклона его граням объекты, подчиненные этим граням, «наклоняются» вместе с ними (рис. 2.25).



Рис.2. 25

Команда **Ребро жесткости**  позволяет создавать ребра жесткости детали. Требования к эскизу ребра жесткости:

- в эскизе должен быть один контур;
- контур в эскизе должен быть разомкнутым;
- касательные к контуру в его конечных точках должны пересекать тело детали.

Если необходимо, чтобы ребро жесткости было перпендикулярно плоскости эскиза ребра (рис. 2.26, а, б), необходимо включить опцию **Ортогонально эскизу**. Выключенная опция означает, что ребро жесткости будет

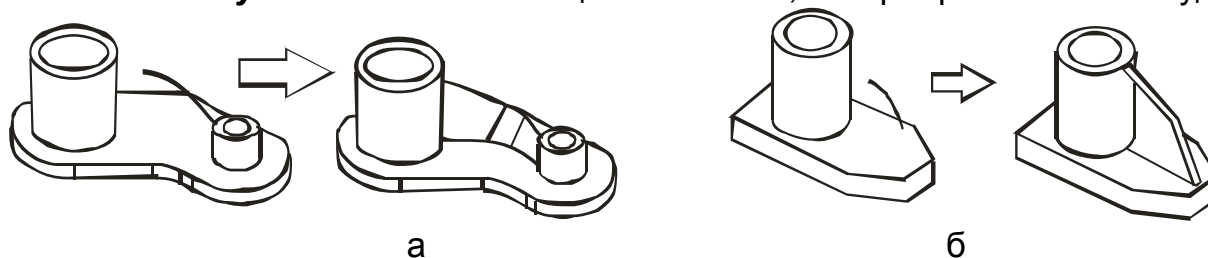


Рис. 2.26

расположено в плоскости эскиза.

Если эскиз ребра жесткости состоит из нескольких сегментов (например, отрезков), то можно указать сегмент, задающий направление уклона. Для выбора этого сегмента необходимо использовать кнопку **Следующий**. При нажатии на эту кнопку подсвечивается один из сегментов эскиза. Нажмите кнопку, пока не будет подсвечен нужный сегмент. Торцевая грань ребра жесткости, соответствующая этому сегменту, будет принята за основание уклона, боковые грани ребра будут наклонены по отношению к ней на заданный угол (рис. 2.27). Толщина ребра устанавливается на вкладке **Толщина**.

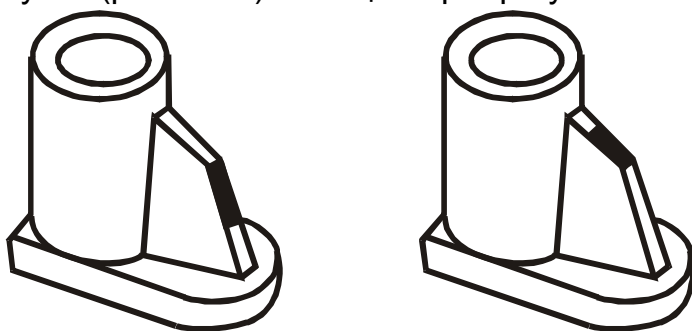


Рис. 2.27

При формировании ребра жесткости материал добавляется к плоскости эскиза или к поверхности, образованной выдавливанием эскиза ортогонального плоскости.

При формировании ребра жесткости выбираются опции **Наружу** или **Внутрь**, а также **Два направления** и **Средняя плоскость**.

## 2.5. Отсечение, зеркальное копирование и построение массивов элементов

Команда **Сечение плоскостью** позволяет удалить часть детали, находящуюся по одну сторону пересекающей эту деталь плоскости. После вызова команды на экране появляется диалоговая панель, с помощью которой устанавливаются параметры сечения плоскостью. Если перед вызовом команды была выделена плоскость, пересекающая деталь, название этой плоскости появится в поле **Плоскость сечения** диалоговой панели. Если плоскость не выделена перед вызовом команды, то ее указывают, не выходя из диалога.

Команда **Сечение по эскизу** позволяет удалить часть детали, находящуюся по одну сторону пересекающей эту деталь поверхности, образованной перемещением указанного эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости.

Перед вызовом команды выделяется эскиз, в котором изображен профиль секущей поверхности.

Команда **Зеркальная копия** позволяет получить копию выбранных элементов, симметричную им относительно указанной плоскости или плоской грани.

Команда **Зеркально отразить все** позволяет приклеить к детали зеркальную копию, т.е. получить деталь, имеющую плоскость симметрии. При выполнении команды на экране появляется фантом зеркальной копии детали. Если фантом сформирован верно, то подтверждение создания копии обеспечивается нажатием кнопки **Создать объект**.

Команда **Массив по сетке** позволяет создать массив указанных элементов, расположить их в узлах параллелограммной сетки.

Команда **Массив по концентрической сетке** позволяет создать массив указанных элементов, расположить их в узлах концентрической сетки.


Команда **Массив вдоль кривой** позволяет создать копии указанных элементов, расположенные вдоль указанной кривой

Перед вызовом команд требуется выделить исходные элементы для создания массива. Это можно сделать, выбрав соответствующие пиктограммы в *Дереве построения* или грани элементов в окне детали. После вызова команд на экране появляется панель диалога ввода параметров сетки.

## 2.6. Построения вспомогательных элементов

Если существующих в модели граней, ребер и плоскостей проекций недостаточно для построений, то можно создать вспомогательные плоскости и оси.

**Вспомогательные оси.** Отрезок, изображающий ось, немного выступает за пределы объектов, на которых базировалось построение этой оси. Иногда для понимания расположения оси требуется, чтобы символизирующий ее отрезок был больше (меньше) или был расположен в другом месте оси (прямой линии). Можно изменить размер и положение этого отрезка, перемещая мышью его характерные точки (они появляются, когда ось выделена).

Команда **Ось через две вершины**  позволяет создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых проходит через указанные опорные точки. Опорными точками могут служить вершины, характерные точки графических объектов в эскизах (например, конец отрезка, центр окружности и т. п.) или начала координат. Если перед вызовом команды были выделены какие-либо точки, то они будут восприняты как опорные для построения оси.

Команда **Ось на пересечении плоскостей**  позволяет создать

одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых является линией пересечения двух конструктивных плоскостей и/или плоских граней (и их продолжений).



Команда **Ось операции** позволяет создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых является осью какой-либо операции.



Команда **Ось через ребро** позволяет создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых проходит через указанное прямолинейное ребро модели.



Команда **Ось конической грани** позволяет создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых является осью конической (а в частном случае – цилиндрической) грани.

**Вспомогательные плоскости.** Прямоугольник, изображающий плоскость, немного выступает за пределы объектов, на которых базировалось построение этой плоскости. Иногда для понимания расположения плоскости требуется, чтобы символизирующий ее прямоугольник был больше (меньше) или был расположен в другом месте плоскости. Можно изменить размер и положение этого прямоугольника, перетаскивая мышью его характерные точки (эти точки появляются, когда плоскость выделена).



Команда **Смещенная плоскость** позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, расположенных на заданном расстоянии от указанной плоскости или плоской грани детали. Если перед вызовом команды была выделена плоскость или грань, то она будет воспринята в качестве опорного объекта для новой плоскости.



Команда **Плоскость через три вершины** позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, каждая из которых проходит через три указанные опорные точки. Опорными точками могут служить вершины, характерные точки графических объектов в эскизах (например, конец отрезка, центр окружности и т. п.) или начала координат.





Команда **Плоскость под углом к другой плоскости** позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через прямолинейный объект под заданным углом к существующему плоско-





му объекту. Опорным прямолинейным объектом для построения плоскости может служить ребро, отрезок в эскизе или вспомогательная ось. Опорным


плоским объектом может служить вспомогательная плоскость или плоская грань.

Команда **Плоскость через ребро и вершину**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, каждая из которых проходит через прямолинейный объект и точку.


Команда **Плоскость через вершину параллельно другой плоскости**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные точки параллельно указанным конструктивным плоскостям или плоским граням.

Команда **Плоскость через вершину перпендикулярно ребру**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные точки перпендикулярно указанным прямолинейным объектам.

Команда **Нормальная плоскость**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, нормальных к цилиндрической или конической грани модели. Так как к любой цилиндрической или конической поверхности можно провести множество нормальных плоскостей (все они будут проходить через ось цилиндра или конуса), для определения одной из них требуется задать дополнительное условие. Укажите плоскость или плоскую грань, параллельно которой должна пройти новая плоскость.

Команда **Касательная плоскость**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, касательных к цилиндрической или конической грани модели. Чтобы построить плоскость, касающуюся грани в определенном месте, требуется задать линию касания. Линия касания определяется пересечением грани и нормальной к ней плоскости. Поэтому перед вызовом команды **Касательная плоскость** в модели должна быть построена нормальная плоскость, пересекающая нужную коническую поверхность в месте касания; в качестве такой плоскости может выступать и плоская грань, нормальная к поверхности.


Команда **Плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно**

**другому ребру**  позволяет создать одну или несколько вспомога-

тельных плоскостей, проходящих через указанные прямолинейные объекты параллельно или перпендикулярно другим прямолинейным объектам.

Опорными прямолинейными объектами для построения плоскости могут служить ребра, вспомогательные оси или отрезки в эскизах.

Команда **Плоскость через ребро параллельно/перпендикулярно**

**грани**  позволяет создать одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих через указанные прямолинейные объекты параллельно или перпендикулярно плоским объектам. Опорными прямолинейными объектами для построения плоскости могут служить ребра, вспомогательные оси или отрезки в эскизах. Опорными плоскими объектами могут служить вспомогательные плоскости или плоские грани модели.

Команда **Линия разъема** позволяет разбить грань (грани) детали на несколько граней. Разбиение грани происходит по линии ее пересечения с поверхностью, образованной перемещением указанного эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости. При этом деталь приобретает дополнительные ребра, являющиеся границей между образовавшимися гранями.

Требования к эскизу:

- в эскизе должен быть один контур;
- контур в эскизе должен полностью пересекать проекцию разбиваемой грани (граней) на плоскость эскиза;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур замкнутый, он не должен полностью совпадать с проекциями ребер разбиваемой грани (граней) на плоскость эскиза.

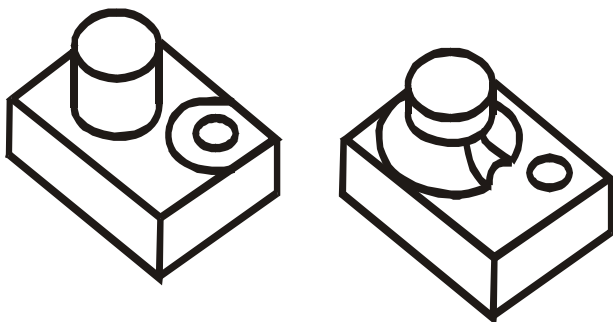


Рис.2. 28

Выбранные грани детали будут разбиты на несколько граней в соответствии с конфигурацией указанного эскиза, а в *Дереве построения* появится пиктограмма операции разбиения граней. На рис. 2.28 показана модель с дополнительным ребром в виде дуги и результат выполнения операции скругления с со-

хранением кромки по дополнительному ребру.

## 2.7. Создание заготовки чертежа

Многие трехмерные модели деталей создаются с целью получения конструкторской документации (например, рабочих чертежей деталей) или прочих плоских изображений (например, каталога деталей).

Для создания заготовки чертежа текущей детали вызовите из меню **Файл** (рис.2.29) команду **Создать заготовку для чертежа....**

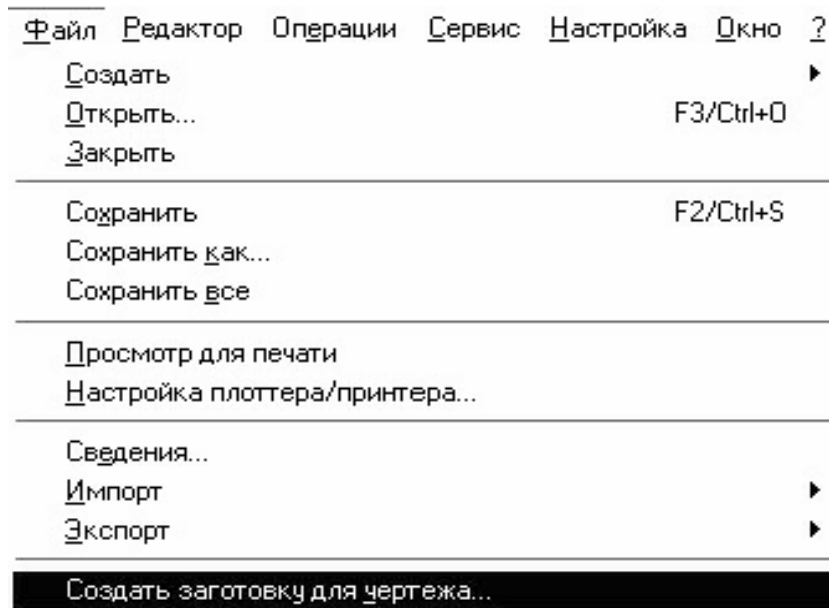


Рис.2.29

После вызова данной команды на экране (рис. 2.30) появится панель диалога выбора **Параметры чертежа**.

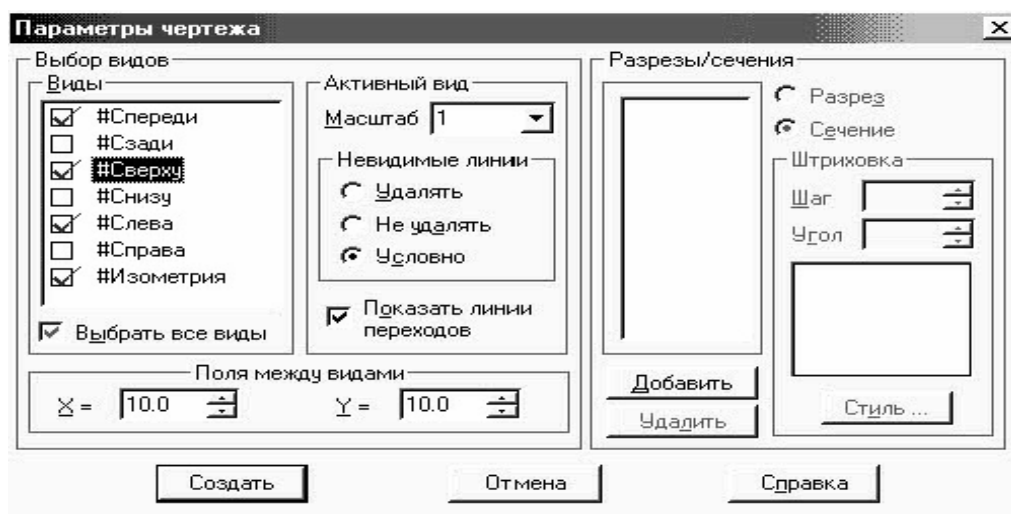


Рис. 2.30

В диалоговом меню задания **Параметры чертежа** укажите три проекции видов: спереди, сверху и слева (в иных случаях больше или меньше).

В каждом из видов выставляются флажки: «Невидимые линии» – «Условно», отмечается показ линий переходов и нажимается кнопка *Создать*.

Система автоматически сформирует указанные изображения и разместит их в новом файле чертежа КОМПАС-ГРАФИК.

При выборе значений полей между видами следует иметь в виду, что в дальнейшем на чертеже будут расставлены размеры. Предлагаемое системой КОМПАС значение расстояния между видами по умолчанию может оказаться недостаточным.

Каждый вид, разрез или сечение будут размещены в отдельном виде чертежа, имеющем соответствующее название.

Формат листа будет подобран таким образом, чтобы все виды поместились на нем полностью. Если виды имеют одинаковый масштаб, они будут располагаться на чертеже с учетом проекционных связей.

Следует заметить, что взаимное расположение видов на листе чертежа зависит от последовательности их выбора в окне *Виды диалогового меню* **Параметры чертежа**.

Сохраните получившийся чертеж, проставьте на нем необходимые размеры и технологические обозначения, оформите документ.

### 3. Примеры создания трехмерных моделей деталей

В данном разделе представлено 8 примеров создания трехмерных моделей деталей. В начальных примерах требуемые действия начинающего пользователя 3-D редактора расписаны более подробно.

Отдельные примеры раскрывают выполнение характерных команд, которые не используются в других примерах.

В последнем примере рассмотрен порядок выполнения плоского чертежа по трехмерной модели.

Самостоятельное выполнение приведенных примеров направлено на формирование навыков геометрического моделирования.

Приобретенные навыки позволят изящно и на современном уровне решать отдельные учебные задачи [4]-[7], с которыми ранее справлялись средствами двумерной графики, затрачивая при этом значительно больше времени.



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ КОМПАС-3D LT.....	3
1.1. НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПАС-3D .....	3
1.2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДОКУМЕНТОВ.....	4
1.3. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕРФЕЙСА.....	5
1.4. УПРАВЛЕНИЕ МАСШТАБОМ ОТОБРАЖЕНИЯ ДЕТАЛИ. ....	7
1.5. УПРАВЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИЕЙ ДЕТАЛИ. ....	8
2. ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ .....	11
2.1. СИСТЕМА КООРДИНАТ И ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ .....	11
2.2. СОЗДАНИЕ ОСНОВАНИЯ ДЕТАЛИ .....	12
2.3. ПРИКЛЕИВАНИЕ И ВЫРЕЗАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	22
2.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	29
2.5. ЗЕРКАЛЬНОЕ КОПИРОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ МАССИВОВ ЭЛЕМЕНТОВ .....	32
2.6. ПОСТРОЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	33
2.7. СОЗДАНИЕ ЗАГОТОВКИ ЧЕРТЕЖА.....	37

.....