

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет “ЛЭТИ”

Ю. Т. ЛЯЧЕК

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Санкт-Петербург
2016**

УДК 681.3
ББК Ж 2-5-05 + К 4/8
Л-98

Лячек Ю. Т. Геометрическое моделирование: Учеб. пособие. СПб.:
Л-98 Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 64 с.

ISBN 5-7629-0378-8

Содержит основы работы с системой автоматизированного проектирования Creo Parametric 2.0, в которой по сравнению с предыдущими версиями системы Creo Elements/Pro несколько изменилась технология формирования 3D твердотельных моделей деталей и существенно изменился интерфейс с целью обеспечения его унификации при работе в различных режимах. Система интегрирует процессы параметрического конструирования и подготовки производства и обеспечивает ускорение выпуска изделий и снижение их себестоимости.

Предназначено для поддержки дисциплины Геометрическое моделирование в процессе подготовки бакалавров по направлению 230100.62 – «Информатика и вычислительная техника» по профилю 230103.62 – «Системы автоматизированного проектирования». Оно может использоваться студентами других направлений, занимающихся автоматизацией проектирования параметрических моделей механических деталей различного назначения.

Рецензенты: кафедра МТД и ДМ СПбГЛТА; канд. техн. наук
Ю. В. Барсуков (ЦНИИ «Морфизприбор»).

УДК 681.3
ББК

Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

1. СИСТЕМА CREO PARAMETRIC 2.0

CAD/CAE/CAM-система Creo Parametric 2.0 (прежнее название Pro/Engineer, Wildfire и Creo Elements/Pro) в настоящее время является одной из наиболее быстро развивающихся и динамично внедряемых в промышленное производство систем. Такое отношение к этой системе определяется рядом свойств, главные из которых:

- полная топологическая параметризация всех конструктивных элементов, обеспечивающая удобство и гибкость конструирования, инженерных расчетов и технологической подготовки производства;
- возможность внесения любых изменений в параметры изделия на любой стадии проектирования, выполнения инженерных расчетов и технологической подготовки производства и оформления документации с автоматической передачей на всех стадиях всех вновь вносимых изменений как в последующие этапы, так и в обратном направлении – в материалы, созданные на предыдущих стадиях разработки изделия;
- модульность системы. Ее подсистемы позволяют автоматизировать все процессы, связанные с конструированием объектов, оформлением документации, инженерными расчетами, технологической подготовкой изготовления изделий, созданием и ведением соответствующих баз данных, обеспечением коллективной работы над проектами и поддержанием жизненного цикла изделий. При этом пользователи могут приобретать модули системы в соответствии со своими нуждами либо в пакете, либо по отдельности;
- удобный и интуитивно понятный конструктору интерфейс, единообразный для всех подсистем, входящих в систему, что существенно облегчает пользователю работу с системой.

1.1. Интерфейс системы

Интерфейс системы (см. рис.1.1) достаточно эргономичен, так как отображает только те панели, ленты меню и кнопки, которые могут потребоваться пользователю на конкретном этапе его работы с системой. На экране можно выделить ряд основных областей.

Область графики – рабочая область, в которой рассматриваются, создаются и модифицируются элементы моделей (деталей, сборок и чертежей).

Панель быстрого доступа (см. рис.1.2), расположенная по умолчанию

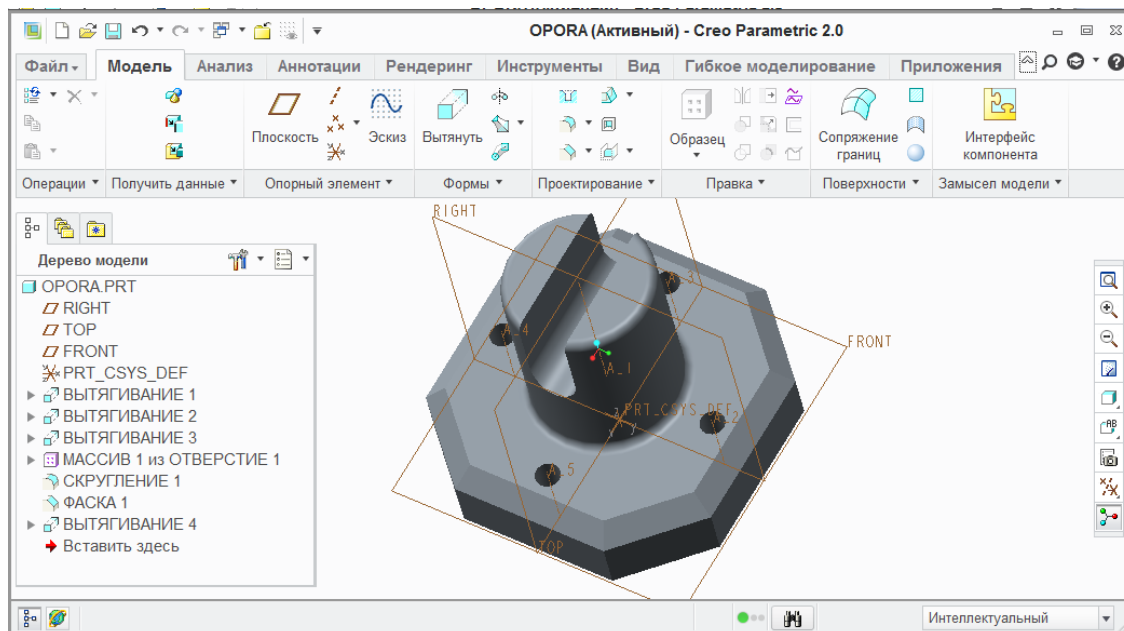
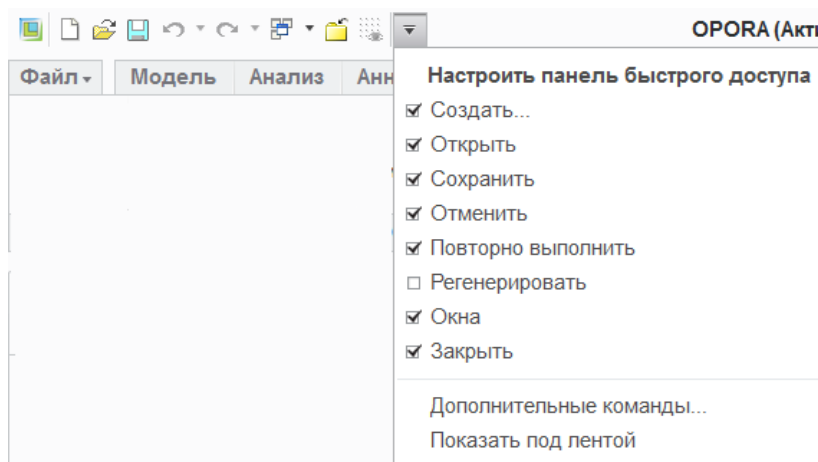



Рис. 1.1. Интерфейс системы



в верхней левой части экрана (она может быть перенесена под ленту команд текущего режима работы). Содержание панели пользователь может настроить с помощью находящейся в ней кнопки 

Настройки панели,

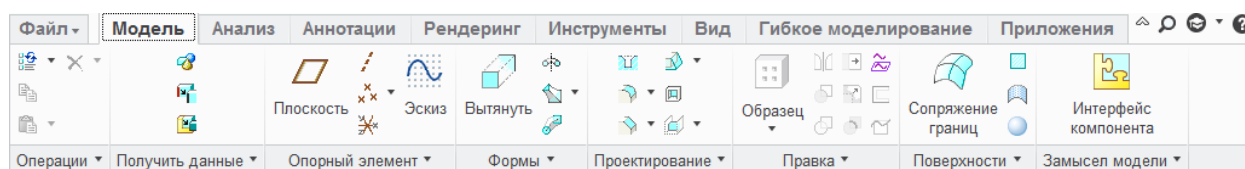
выведа на эту Рис. 1.2. Панель быстрого доступа требующиеся для

панель


его оперативной работы

дополнительные команды.

Главное меню системы, расположенное под панелью быстрого доступа (рис.1.3)и содержащее такие стандартные опции, как Файл, Начало, Модель, Инструменты, Вид и другие. Каждой опции соответствует набор кнопок допустимых режимов работы с системой, представленных в расположенной



ни-

Рис. 1.3. Главное меню системы с развернутой лентой режима “**Модель**” же ленте команд. В ленте команды группируются для выполнения логически связанных задач в виде вкладок и групп, и она может быть развернута или минимизирована с помощью кнопки , находящейся в правой части меню.

Область сообщений служит для вывода подсказок пользователю, обеспечения обратной связи и вывода сообщений системы (рис.1.4), помогающих конструктору в неясных ситуациях. Эта область располагается внизу экрана дисплея.

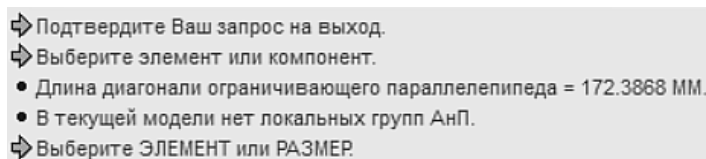


Рис. 1.4. Область сообщений

Панель управления (рис.1.5), появляется на месте ленты команд над областью графики, когда пользователь создает и определяет параметры формируемого элемента модели. Панель обеспечивает:

- контроль, задание, ввод и редактирование параметров создаваемых элементов твердотельной модели. При этом все изменения немедленно ото-

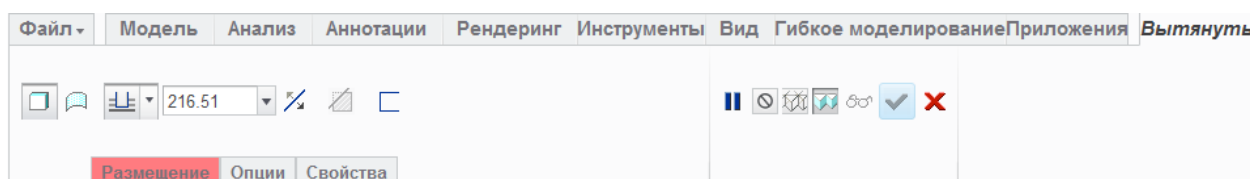
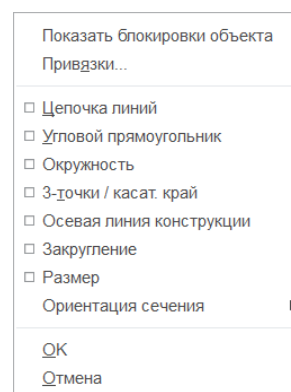
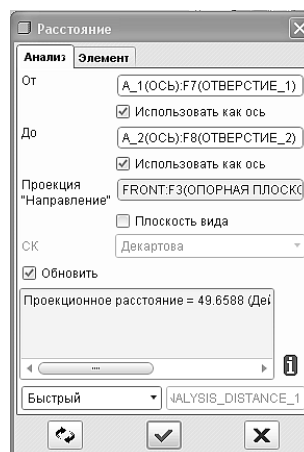
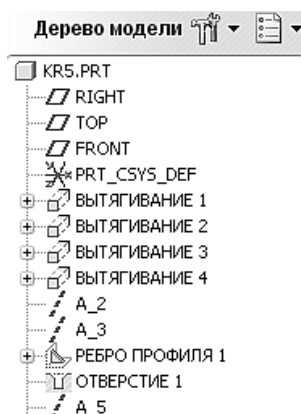


Рис. 1.5. Панель управления

бражаются на графической модели, представленной на экране;

- доступ к дополнительным опциям реализуемой (выполняемой) операции с помощью различных вкладок;

- доступ к кнопкам, которые располагаются в правой части панели управления и реализуют такие опции, как *Пауза*, *Предварительный просмотр результатов* и т.д.



а

б

Рис.

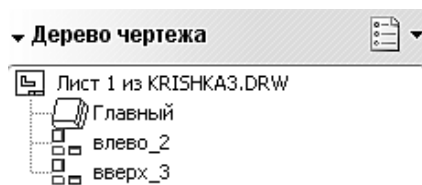
1.8. Контекстное

Рис. 1.6. Деревья операций построения

Рис. 1.7. Диалоговое окно

меню

Дерево модели и **Дерево чертежа** (рис. 1.6, а, б), которые выводятся в левой части экрана дисплея. В них отражаются все операции построения модели и



чертежа детали в соответствии с последовательностью их выполнения.

Диалоговые окна —

контекстно-зависимые окна (рис.1.7), выводимые системой для запроса у пользователя необходимой информации для дальнейшей работы с системой.

Контекстное меню (рис.1.8) выводится по нажатию пользователем правой клавиши мыши для выполнения вспомогательных операций.

1.2. Средства формирования и редактирования сечений конструктивных элементов

Возможности системы Creo Parametric позволяют создавать модели деталей на основе формообразующих операций, которые можно выполнять в различном порядке и различными способами. Деревья модели у разных пользователей могут различаться как порядком, так и составом операций, несмотря на то, что получаемые в итоге модели будут идентичными по форме.

В основе большинства создаваемых базовых конструктивных элементов системы лежит процесс формирования и редактирования эскизов их сечений. Для создания любого элемента эскиза необходимо выбрать нажатием левой кнопки мыши на инструмент рисования или редактирования в ленте команд опции Эскиз (рис. 1.9), а затем в области графики сформировать или отредактировать соответствующий графический примитив.

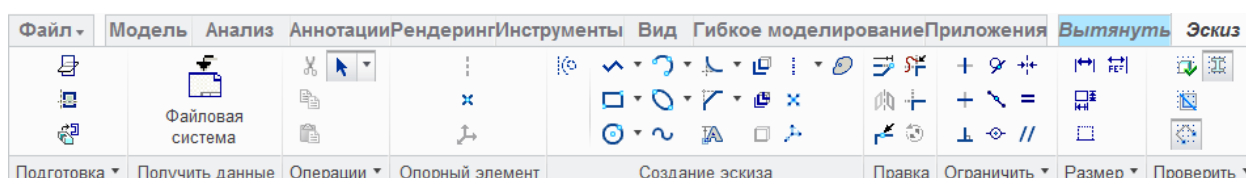
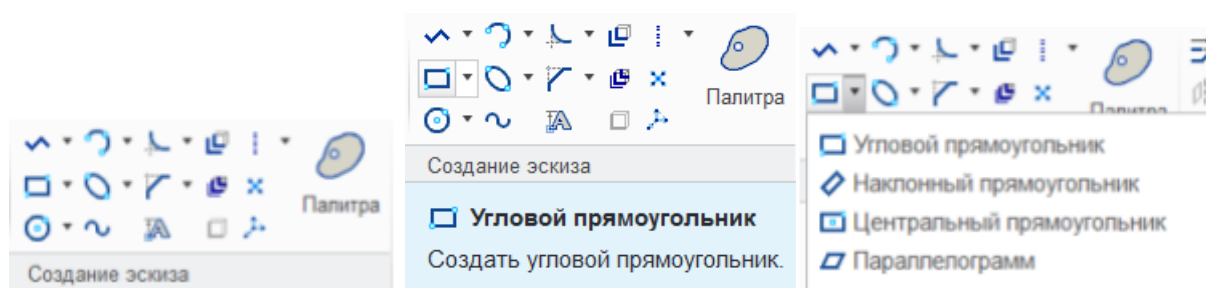


Рис. 1.9. Лента команд опции Эскиз



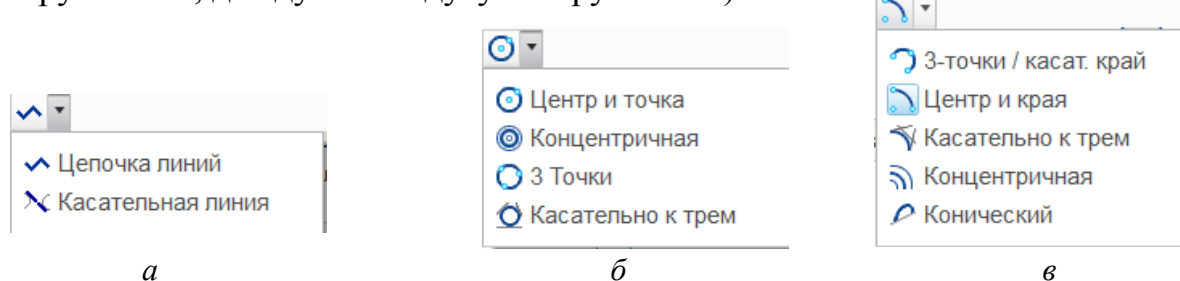
*а**б**в**Рис. 1.10. Область инструментов Создания эскиза*

Как и в ленте любой опции в этой все команды сгруппированы в логически связанные группы, расположенные в соответствующем поле (например, Подготовка (эскиза), Создать эскиз, Правка и т.д.), что несколько облегчает поиск требуемого инструмента. При этом при подводе локатора мыши к любой кнопке, расположенной в соответствующей области ленты (например, Создание эскиза – рис. 1.10, *а*), система выводит подсказку о назначении функции, которая выполняется при ее вызове (рис. 1.10, *б*). При этом ряд кнопок, сопровождаемых значком , позволяют раскрыть вспомогательное меню и реализовать выбранную функцию различным образом (рис. 1.10, *в*).

1.2.1. Инструменты формирования эскизов

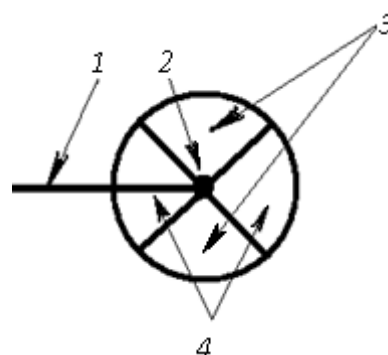
Рассмотрим особенности использования инструментов формирования графических объектов эскиза.

Линия (рис. 1.11, *а*) создает либо цепочку двухточечных линий при указании на экране последовательности точек, либо отрезок касания к двум имеющимся на экране элементам, которые необходимо выбрать (две окружности, две дуги или дугу и окружность).

*Рис. 1.11. Опции кнопок: а – Линия, б – Окружность, в – Дуга*

Окружность (рис. 1.11, *б*) и **Дуга** (рис. 1.11, *в*). Создание окружностей и дуг различными способами очевидно из строк дополнительно раскрывающихся меню, за исключением дуги, касательной к конечной точке элемента (касат. край), и конической дуги, построение которых требует пояснений.

Для создания касательной дуги необходимо указать конец существующего элемента для привязки к нему. При этом появляется знак (рис. 1.12), квадранты на котором позволяют сформировать касательную дугу определенного



направления, т.е. на элементе 1 надо указать вершину привязки 2, затем расположить указатель мыши в квадранте 3 Рис. 1.12. Знак, поясняющий или 4 и указать конечную точку дуги.

формирование дуги касания

Для формирования конической дуги необходимо вначале указать положение ее конечных точек, а затем – внутренней точки для окончательной фиксации изображения дуги, форму которой отслеживает системой в соответствии с положением локатора мыши.

Прямоугольник (см. рис.1.10, б, в). Для создания Углового прямоугольника необходимо указать на экране 2 точки, соответствующие двум противоположным вершинам, а Центрального прямоугольника – центральной и любой угловой точки.

Для создания Наклонного прямоугольника или Параллелограмма следует указать 2 точки (можно под наклоном к осям координат) соответствующим вершинам одной стороны, а затем, растянув эту фигуру, указать третью точку.

Эллипс (рис. 1.13) может формироваться либо по концам оси и третьей точке, определяющей длину его второй полуоси, либо по центру и двум точкам, положение первой из которых определяет наклон и длину первой полуоси, а второй – длину второй полуоси.

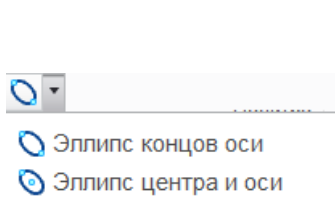


Рис. 1.13. Опции эллипса

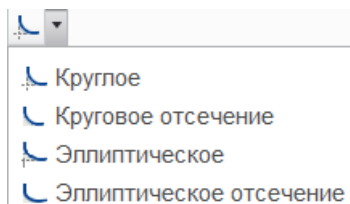


Рис. 1.14. Опции скругления

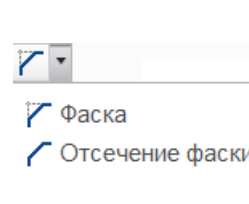

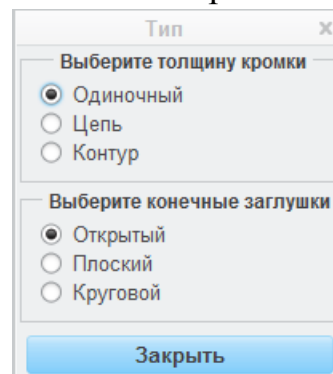


Рис. 1.15. Опции фаски

Скругление (сопряжение) и **Отсечение** (рис.1.14). Круглое и эллиптическое сопряжение (отсечение) выполняются при выборе двух существующих графических элементов с отображением ранее выступающих отрезков в виде точечных вспомогательных линий при скруглении или без этих линий при отсечении. При круговых операциях точка выбора первого отрезка определяет радиус скругления (отсечения), а при эллиптическом скруглении или отсечении точки указания первого и второго отрезков определяют соответственно длину полуосей эллиптического сопряжения (отсечения).

Фаска (рис. 1.15). Операция фаски выполняется над двумя выбранными примитивами либо с созданием конструктивных линий на месте отсеченных частей примитивов, либо без них. При этом размеры фаски определяются

Смещение  геометрии путем копирования выбранных исходных графических примитивов (линии, кривые) в виде отдельного элемента, цепочки элементов или контура (рис. 1.16, а) в одну сторону. Затем следует ввести величину смещения (рис. 1.16, б) между копией и исходной геометрией. В случаях, когда направление, указываемое стрелкой по


$$a \qquad \qquad \qquad b$$

a – задание типа элементов для копирования, b – задание



Рис. 1.17. Окно задания

Утолстить  — операция создания копий вы-


Верхняя часть окна задания параметров этой операции (рис. 1.17) определяет тип выбираемых примитивов, а нижняя – задает способ замыкания концов скопированных элементов – без замыкания (Открытый), с замыканием отрезками прямой (Плоский) или с помощью дуг сопряжения (Круговой). После задания соответствующих параметров и выбора примитивов для копирования выводится окно задания общего расстояния между элементами копии (рис. 1.18, *а*), а затем значение смещения второй копии в указываемую стрелкой сторону (рис. 1.18, *б*).



Рис. 1.18. Окно задания общего сдвига(a) и смещения второй копии в сторону стрелки (b)

Текст . Данная опция позволяет в плоскости сечения сформировать

текстовые строки в векторном представлении на основе использования графических примитивов.

Проецировать  – операция, позволяющая получить проекцию выбранных пространственных кривых или кромок деталей на плоскость эскиза.

Осевая (рис. 1.19) может формироваться либо через две заданные локатором мыши точки, либо как касательная к двум выбранным графическим примитивам.

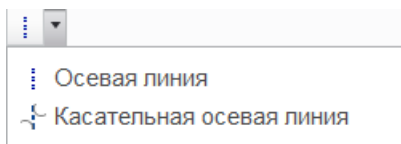




Рис. 1.19. Опции создания осевых

Вспомогательные элементы используются для создания точки  и локальной системы координат  формируемой конструкции.

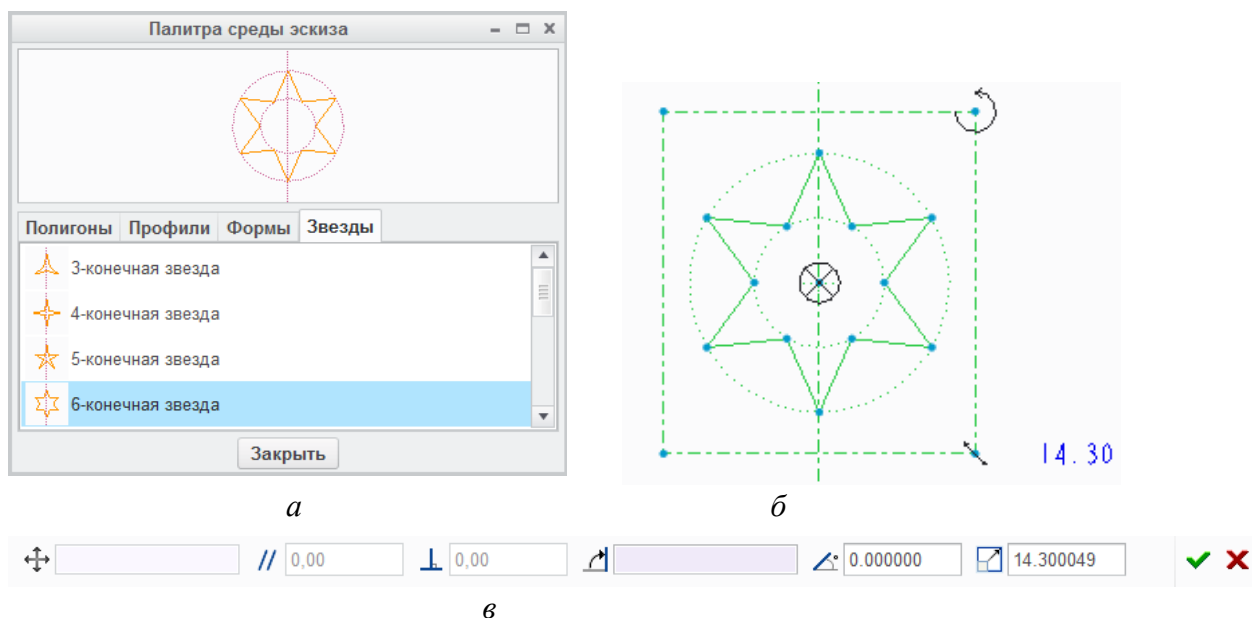







Рис. 1.20. Средства задания эскизов стандартных сечений:

а – окно меню Палитры эскизов; *б* – элемент палитры; *в* – Панель задания параметров


Палитра . Палитра эскизов представляет собой базу стандартных графических сечений (правильных полигонов, профилей, фигур и звездных полигонов). Для дополнения эскиза такими элементами необходимо активизировать кнопку  в области Создание эскиза, выбрать двойным нажатием левой клавиши мыши нужный элемент в окне Палитра среды эскизов (рис. 1.20, *а*), а затем указать его местоположение на поле эскиза (рис. 1.20, *б*). После размещения на поле эскиза выбранного элемента следует задать его масштаб и угол поворота. Точное задание этих величин обеспечивается с помощью Панели задания параметров (рис. 1.20, *в*).


1.2.2. Средства редактирования эскизов

При формировании сечения элементов в его эскизе необходимо отобразить все основные графические примитивы и их взаимное отношение. В случае если в процессе создания эскизов пользователь ошибается, к его услугам система предоставляет широкий ассортимент средств редактирования. Он может сразу отказаться от выполнения выбранного действия, нажав клавишу Esc или среднюю клавишу мыши, а также отменить результаты последних команд, используя кнопки  **Отмены** или  **Возврата** очередной операции, расположенные в Панели быстрого доступа. Кроме того, в ленте Эскиз представлены разнообразные средства редактирования, сгруппированные в областях Операции, Правка, Ограничить и Размер (см. рис. 1.9). Так, например если размерные значения и отношения между элементами создаваемого эскиза во время его рисования не выдержаны, то пользователю предоставляется возможность быстро и эффективно сделать это по завершении рисования эскиза с помощью соответствующих программных средств редактирования.



Для перехода в режим редактирования необходимо в ленте Эскиз в области Операции активизировать кнопку Выбрать . После этого можно выбрать любой элемент эскиза, подведя к нему указатель мыши, и при изменении его цвета (идентификации в системе) щелкнуть левой кнопкой мыши – цвет вновь изменится уже на цвет, соответствующий выбранному элементу. Выбрать несколько элементов эскиза можно, щелкая на них при нажатой клавише Ctrl (множественная операция выбора). Можно также выделить группу примитивов с помощью охватывающего прямоугольника, который задается указанием мышью местоположения двух его противоположных угловых точек.


Для отмены выделения следует щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте рабочей области графики.

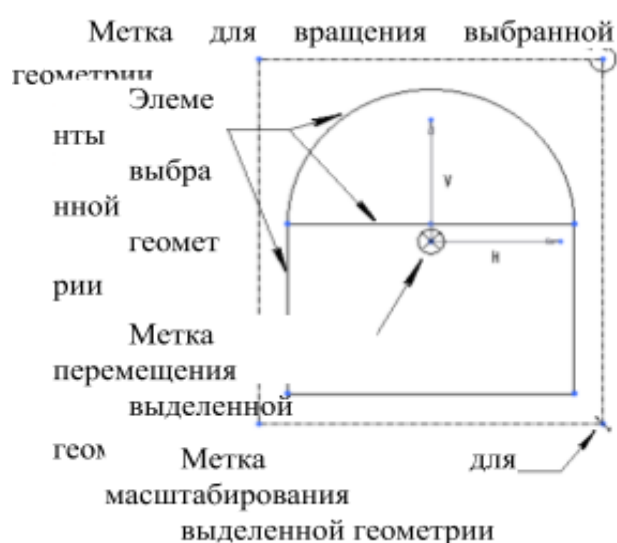
Удалить сегмент  – опция, расположенная в области Правка, позволяет удалить до ближайшего графического элемента выбранный выступающий сегмент примитива.


Угол  – опция области Правка, при вызове которой и выборе двух примитивов либо сразу же удаляется выбранная часть взаимно пересекающихся элементов, либо, если элементы не пересекаются, то один или оба из них доводятся до точки пересечения. В случаях, когда точка

пересечения оказывается расположенной непосредственно на одном из элементов, то его часть, заходящая за точку пересечения, удаляется.

Зеркальное отражение  – опция области Правка позволяющая зеркально отразить относительно ранее созданной оси симметрии выбранные объекты. Таким образом, для корректной отработки этой операции в эскизе должна быть нарисована ось, пользователь выбирает исходные элементы, вызывает опцию отражения , а затем указывает ось, относительно которой требуется получить зеркальное отражение выбранных примитивов.

Разделить  – опция, представленная в области Правка, позволяет разделить графический примитив в заданной точке на два объекта.



Повернуть и изменить размер  – опция области Правка обеспечивает возможность для предварительно выбранных графических примитивов эскиза перемещать их, изменять масштаб изображения и разворачивать на заданный угол с использованием выведенных меток (рис. 1.21) или, с большей точностью, при вводе конкретных значений в соответствующих полях выводимой

Панели задания параметров опе-

Рис. 1.21. Метки манипуляции объектом

рации (см. рис. 1.20, в). При использо-

вании мыши следует ее локатором привязаться к соответствующей метке и, не отпуская левую кнопку мыши, выполнить требуемое преобразование. Изменение соответствующего параметра оперативно отражается в поле Панели задания параметров.

Геометрические ограничения (закрепления) сгруппированы в области Ограничить ленты Эскиз (см. рис. 1.9). В процессе формирования элементов эскиза система контролирует их некоторые параметры и геометрические отношения с другими примитивам эскиза с определенной точностью, задаваемой внутренними установками системы. Контроль параметрической системой Creo Parametric 2.0 параметров формируемых графических примитивов приводит к соответствующему уменьшению размерных обозначений, устанавливаемых автоматически при формировании эскизов.

Автоматическое сокращение устанавливаемых размерных обозначений обуславливается тем, что в процессе построения очередного графического примитива система считает:

- приблизительно совпадающие точки разных примитивов действительно совпадающими;
- приблизительно горизонтальные и вертикальные линии таковыми;
- приблизительно параллельные и перпендикулярные линии таковыми;
- приблизительно равные по длине параллельные и перпендикулярные отрезки таковыми;
- приблизительно равные диаметры (радиусы) дуг и окружностей таковыми;
- приблизительно касательные элементы – касательными;
- дуги, близкие к 90, 180 и 270°, точно такими;
- точки, лежащие на одном горизонтальном или вертикальном уровне, таковыми;
- элементы, приблизительно симметричные относительно оси, точно симметричными.


Когда вновь создаваемый элемент попадает в зону действующего допущения, система высвечивает особый символ (рис. 1.22), соответствующий выявленному условию ограничения, а формирующийся элемент как бы “залипает” в этом состоянии. Если пользователь не хочет использовать данное ограничение, он должен вывести создаваемый элемент из зоны



Рис. 1.22. Символы ограничения
закрепления с существующим элементом, т. е. сделав их различия более ощутимыми.


В случаях, когда система автоматически не выявила какое-либо ограничивающее условие в эскизе, а оно требуется, конструктор может это сделать сам и наложить нужные геометрические ограничения (рис. 1.22), выбрав в области Ограничить ленты Эскиз соответствующую опцию. Для назначения соответствующего закрепления надо вначале выбрать его тип, а затем указать элементы, для которых это закрепление назначается.

Созданное закрепление можно удалить клавишей “Delete”, предварительно выбрав его на изображении эскиза при активной кнопке .


Размерные обозначения можно корректировать с помощью опций области *Размер* и опции **Изменить**  области Правка, расположенных в ленте Эскиз.

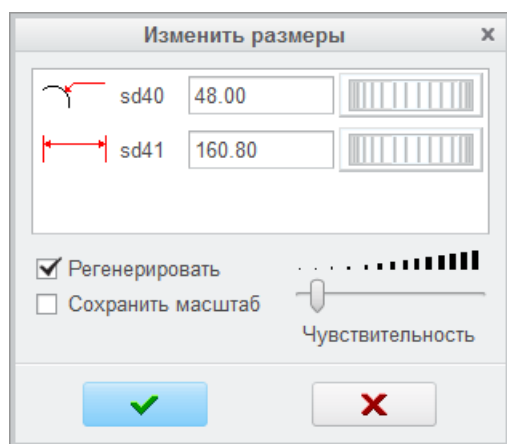
Система с учетом выявленных ею или установленных пользователем ограничений автоматически устанавливает необходимое и достаточное количество размеров в эскизе во время формирования графических примитивов, обеспечивая полноту системы ограничений. Однако размеры на эскизе могут переустанавливаться и пользователем.

Следует отметить, что в системе Creo Parametric 2.0 размеры и схема их простановки автоматически изменяются в соответствии с изменением эскиза, например, при добавлении новых примитивов в процессе формирования эскиза, перетаскивании элементов или удалении части их. При этом исключаются размерные петли и учитываются все геометрические ограничения, накладываемые на элементы, что приводит к существенному сокращению в эскизе общего количества установленных размеров [2].


Размеры, автоматически установленные системой по умолчанию (сла-бые), выводятся на экран по  кнопке после перехода системы в режим редактирования и имеют синий цвет.

Для редактирования размерного обозначения, выставляемого системой автоматически, необходимо сделать его активным. Для этого размер следует выделить, щелкнув на размерном числе левой клавишей мыши. При этом первоначальный синий цвет обозначения меняется на серый. Далее можно изменить положения его размерной линии, положение размерного числа или точек привязки выносных линий. Дважды выбрав размерное число левой клавишей мыши можно ввести новое значение размера, что приведет к соответствующему изменению и размера, и объекта (графического примитива), на котором размер поставлен. Размеры с измененными пользователем значениями считаются системой сильными и отображаются черным цветом.

Если выделить группу размеров (с помощью клавиши Ctrl или охватывающим прямоугольником), а затем нажать кнопку **Изменить**  в области Правка, то появится окно **Изменить размеры** (рис. 1.23), которое позволяет динамически менять каждый из выбранных



размеров. Для этого следует выбрать соответствующий размер в окне или непосредственно на эски-зе и ввести новое значение размера. При этом если отмечено поле **Регенерировать** Рис. 1.23. Окно Изменить размеры (установлена галочка), эскиз сразу же будет

перестраиваться в соответствии с введенным пользователем значением и активным для корректировки становится следующий размер. В случае, когда поле **Регенерировать** неактивно (нет галочки), эскиз сразу не перестраивается, а на нем изменяется только значение соответствующего размера. Изменение эскиза в этом случае происходит после завершения изменения всех размеров и нажатия в окне кнопки  завершения редактирования (с зеленой галочкой). Данный режим модификации эскиза очень удобен при большом количестве и значительных разбросах значений изменяемых размеров, установленных в эскизе.

Поле **Сохранить масштаб** позволяет при изменении значения какого-либо размера обеспечить поддержание фиксированного соотношения его и других размеров.

Каждый размер в системе имеет символьное и численное обозначение (например, sd40 и 48.00 на рис. 1.23). Поэтому в поле значений можно использовать математические выражения (формулы) для задания параметра одних размеров через символьные обозначения других и математические функции.

Наряду с редактированием уже установленных размеров пользователи системы могут самостоятельно устанавливать размерные обозначения, используя опцию **Нормаль** области Размер (см. рис. 1.9) и не нарушая полноты системы ограничений, т. е. не приводя к ее избыточности. В последнем случае система Creo Parametric 2.0 либо сама автоматически убирает лишний слабый размер, либо сообщает пользователю о противоречии установленных ограничений и выводит соответствующее окно с перечнем ограничений, вступивших в противоречие. При этом пользователю предоставляется возможность самому исключить одно из установленных ограничений, обеспечив тем самым их необходимую достаточность.

Нанесение размеров разных типов осуществляется следующим образом.

Линейные размеры наносятся двумя способами:

– левой клавишей мыши последовательно выбираются 2 объекта, а по

нажатию средней клавиши или колесика указывается местоположение размерного числа. Под объектами понимаются точки, вершины, отрезки, дуги, окружности (точки их центров и сами кривые) и их сочетание;

– левой клавишей мыши выбирается отрезок, средней (или колесиком) – местоположения размерного числа.

Радиальные размеры устанавливаются при выборе левой кнопкой мыши дуг и окружностей и указании средней клавишей (или колесиком) местоположения размерного числа.

Диаметральные размеры устанавливаются на дуге или окружности при их двойном выборе левой клавишей мыши и последующем указании места положения размерного числа с помощью средней клавиши (или колесика).

Диаметральные размеры относительно оси вращения проставляются тремя последовательными указаниями с помощью левой клавиши мыши: объект – ось вращения – объект или ось вращения – объект – ось вращения. После трех таких последовательных указаний необходимо средней клавишей (или колесиком) указать местоположения размерного числа.


Угловые размеры на непараллельные отрезки ставятся при последовательном выборе левой клавишей мыши этих отрезков, а затем указывается местоположения размера средней клавишей (колесиком).

1.3. Рекомендуемые правила формирования эскизов в параметрической системе Creo Parametric 2.0

При формировании эскизов сечений конструктивных элементов необходимо придерживаться следующих правил:

– делать эскиз базового примитива сложной детали как можно более простым, чтобы в дальнейшем предоставлялось больше возможностей для модификации сформированной модели детали;

– при формировании симметричных объектов начинать работу с создания осевых линий;

– рисовать каждый элемент эскиза в крупном представлении независимо от его истинных размеров. Этот прием ускоряет процесс формирования эскиза, так как не зависит от существенного разброса длины графических элементов. В дальнейшем очень просто и быстро можно отредактировать все размеры эскиза, воспользовавшись опцией Изменить  в области Правка и окном **Изменить размеры** (см. рис. 1.23);

– избегать создания равных по размерам примитивов, если они не должны быть одинаковыми, так как параметрическая система в дальнейшем будет считать их равновеликими и обрабатывать одинаково;

– избегать наличия в эскизе несопоставимых по размеру (очень маленьких и очень больших) элементов, так как это усложняет его формирование. Далее эскиз можно модифицировать в соответствии с нужными параметрами, используя окно **Изменить размеры** (см. рис. 1.23);

– избегать в эскизе рисованных фасок, отверстий, массивов элементов и вписанных дуг, так как такие элементы ограничивают возможности редактирования и модификации объемных тел, сформированных на основе таких эскизов. Эти элементы целесообразно добавлять непосредственно в трехмерную модель формируемой детали;

– стремиться создавать эскизы по следующему алгоритму:

- добиваться соответствия эскиза замыслу и технологии создания детали;
- назначать закрепления (ограничения), если это не сделала автоматически сама система параметризации;
- выдерживать требуемую для чертежа размерную схему;
- установить точные размеры;

– использовать вспомогательные элементы (линии, дуги, окружности, точки) для получения желаемой размерной схемы.

– использовать кнопки возврата ( и ) для редактирования эскизов.

– не забывать сохранять промежуточные варианты эскиза и формируемой твердотельной модели на диске, так как из-за ошибочных действий пользователя или сбоя компьютера все, что было сформировано в процессе создания модели изделия, может пропасть.

1.4. Особенности формирования объемных деталей в системе Creo Parametric 2.0

В настоящее время при создании 3D-объектов сложной конфигурации в системе Creo Parametric 2.0 в основном используется понятие эскиза сечения. На основе сформированного эскиза или ряда эскизов формируется объемный твердотельный базовый элемент (объемный примитив), над которым могут производиться булевы операции склеивания (объединения) или вычитания с ранее созданным объемным примитивом. Часто используются и некоторые

другие специфические конструкторские операции (например, создание фасок, сглаживание кромок, зеркальное отображение, дублирование и т. п.). Последовательность подобных действий конструктора над базовыми объемными примитивами обеспечивает постепенное формирование 3D-модели требуемой формы наиболее эффективным способом.

Базовые сплошные (твердотельные) трехмерные примитивы создаются в основном на различных принципах использования предварительно создаваемого 2D-эскиза сечения. Такие базовые элементы могут строиться:

- вытягиванием эскиза перпендикулярно его плоскости на заданную глубину (с добавлением или с удалением материала). При этом глубину вытягивания можно задавать различными способами: на заданную величину, на заданную величину симметрично относительно плоскости эскиза, до следующей или до выбранной поверхности, а также в обе стороны на разную глубину;

- вращением эскиза вокруг оси, лежащей в плоскости эскиза, с целью добавления или удаления материала в соответствии с формируемой при этом базовой фигурой. Эскиз должен быть замкнутым и располагаться по одну сторону оси. Угол его вращения можно задавать в одну или симметрично в обе стороны от плоскости эскиза на заданную величину, до выбранной поверхности или в две стороны на различные углы или до выбранных поверхностей;

- созданием ребра заданной толщины с помощью открытого сечения (открытого эскиза). Ребра в конструкцию обычно вводят для усиления механической прочности формируемой детали. При этом геометрия ребра автоматически состыковывается (соизмеряется) со смежной геометрией фигуры, для которой это ребро создается;

- протягиванием замкнутого эскиза перпендикулярно разомкнутой заданной траектории сложной конфигурации, при котором формируются фигуры с постоянным сечением. При этом траектория движения сечения не должна пересекать сама себя, а радиус ее изгиба не должен быть настолько мал, чтобы сечение при движении вдоль траектории пересекало само себя. При этом фигура может быть создана или со свободными, или только с касающимися других тел (доходящими до них), или с объединенными с другими поверхностями концами, т. е. полностью присоединенными (прилегающими) концами к ранее созданным частям тела;

- протягиванием разомкнутого эскиза перпендикулярно замкнутой

траектории без создания или с созданием внутренней поверхности;

- сопряжением нескольких ранее созданных параллельных сечений различной формы, которые характеризуются одинаковым числом вершин (одинаковым числом ребер у формируемой фигуры) для создания своеобразного выступа или выреза. Однако в виде исключения сопряжение может начинаться и заканчиваться точкой, т. е. допускается начальное и конечное сечение в виде точки. При этом сопряжение заданных сечений может выполняться прямым (прямыми линиями) или сглаженным (гладкими линиями) способом. Формируемый выступ может создаваться и как сплошное и как полое тело с определенной толщиной стенок;

- созданием отверстий различного профиля на плоскости или цилиндрической поверхности. При этом можно менять диаметр и задавать глубину отверстия различными способами: менять угол наклона сверла, диаметр и глубину цековки, угол и диаметр зенковки, а также создавать зенковки на выходе отверстия.

Наряду с применением эскизов сечений для создания базовых элементов в конструкторской системе Creo Parametric 2.0 используется ряд программных средств, обеспечивающих создание специфических конструкторских элементов. К ним можно отнести:

- создание тонкостенных оболочек путем «выдалбливания» материала в твердотельной оригинальной модели, в результате чего остаются только стенки указанной толщины. При этом можно создавать как открытую, так и полностью закрытую оболочку;

- создание скруглений и фасок различной конфигурации на пересекающихся поверхностях путем выбора этих поверхностей или соответствующих кромок и ребер;

- создание групп элементов на основе описание одного объекта путем множественного копирования с перемещением и вращением;

- создание линейных и круговых массивов элементов в одном и двух направлениях без целенаправленного изменения параметров этих элементов или с таким изменением;

- зеркальное отражение/копирование элементов.

1.5. Дерево модели

Как указывалось в 1.1, все операции по построению модели детали в



соответствии с последовательностью их выполнения отображаются в дереве модели (см. рис. 1.6).


Дерево 3D-модели детали содержит иерархический список конструктивных объемных элементов, расположенных в порядке их создания, а также отображает статус этих элементов (скрытые, активные или подавленные). Оно используется для:

- наглядного представления элементов модели – отображает все элементы, из которых состоит модель;
- наглядного представления порядка элементов, в котором они были созданы (сверху вниз);
- выбора элементов – при выборе конструктивного элемента в дереве этот элемент автоматически выбирается в графическом окне;
- редактирования параметров конструктивного элемента или его имени в дереве.

Дерево модели занимает левую часть окна отображения, его шириной можно управлять, передвигая правую границу его окна. Его можно сворачивать (разворачивать) с помощью своеобразного ползунка, находящегося в верхней половине окна дерева.

1.5.1. Опции дерева модели

Эти опции могут быть установлены с помощью расположенных в верхней части окна дерева модели кнопок  *Настройки* и  *Показать*, которые позволяют открыть соответствующие окна.

Нажатием кнопки  открывается окно *Настройки* (рис. 1.24), с помощью которого пользователь может установить Фильтры дерева, которые обеспечивают выбор типа элементов, отображаемых в дереве модели, а также Столбцы дерева для определения набора вида данных по каждому элементу, представляемых в табличной форме.

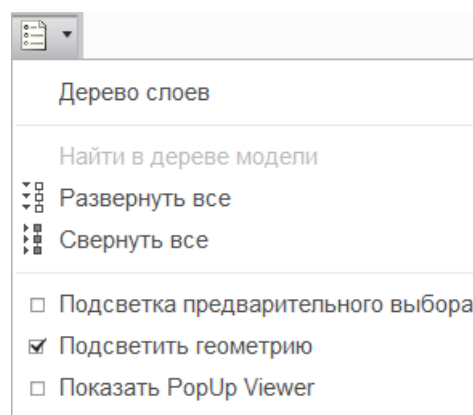
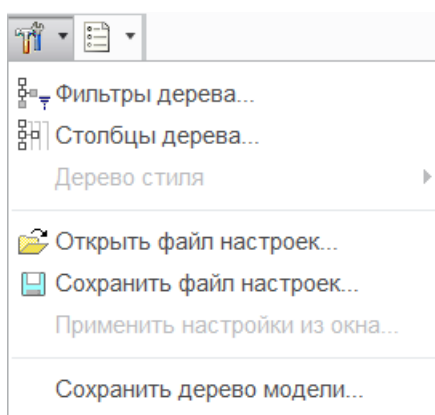



Рис. 1.24. Окно Настройки

Рис. 1.25. Окно Показать

При выборе кнопки  выводится окно *Показать* (рис. 1.25). Первая команда в этом окне позволяет поочередно менять дерево модели на дерево используемых слоев и обратно (дерево слоев/дерево модели).

Команда **Развернуть все** обеспечивает полное разворачивание каждой ветви в дереве модели и механизма дерева, если оно свернуто.

Команда **Свернуть все** полностью сворачивает все ветви модели и механизм дерева (само дерево модели).

Команда **Подсветка предварительного выбора** включает или выключает подсветку до выбора элемента в дереве. Если эта опция включена, то, когда указатель мыши наводится на строку дерева, элемент, соответствующий этой строке, предварительно отображается в графическом окне. По умолчанию опция выключена.

Опция **Подсветить геометрию**, когда она включена, обеспечивает подсвечивание выбранной геометрии в графическом окне красным цветом при выборе этого элемента в дереве модели.

1.5.2. Переименование элементов дерева

Когда в рамках модели создается элемент, система автоматически присваивает ему общее имя в зависимости от его типа. Например, элемент может быть назван Вытягивание 1, Вытягивание 2, Ребро профиля 1, Отверстие 1. Хотя эти имена и описывают тип элемента, они не описывают элемент в контексте проекта, что иногда дезориентирует конструктора. Чтобы избежать такой ситуации, можно переименовать элементы, присвоив им говорящие имена, что облегчит поиск нужного элемента при редактировании модели.

Переименовать элемент можно так: выбрать его в дереве модели или в графическом окне и нажать правую клавишу мыши, вызвав контекстное меню (рис. 1.26), в котором выбрать опцию **Переименовать**. После этого в дереве модели можно ввести новое имя элемента.

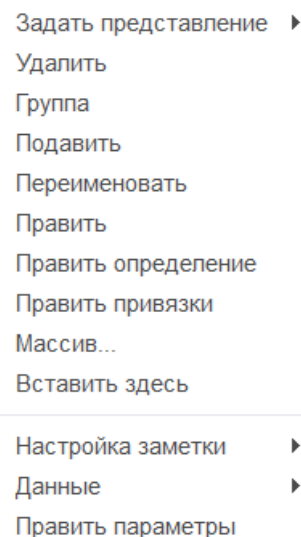



Рис. 1.26.


меню дерева модели

1.5.3. Редактирование элементов модели детали

Для редактирования и модификации детали используется дерево ее модели или ее графическое представление. Для этого с помощью указателя мыши выбирается соответствующий элемент (в дереве или на графическом изображении) и нажатием правой клавиши вызывается контекстное меню (рис. 1.26), в котором доступны четыре основные опции редактирования:

- **Править;**
- **Динамически править;**
- **Править определение;**
- **Править привязки.**

При использовании опции **Править** на графическом изображении выбранного элемента детали система выводит все размерные обозначения, которые определяют данный элемент. Подведя локатор мыши к соответствующему размерному числу и дважды выбрав его левой клавишей, пользователь может ввести новое значение этого размера – параметры элемента соответствующим образом изменятся. Таким способом можно изменить и другие размерные обозначения изображенного элемента. После каждого изменения параметра или группы параметров следует регенерировать изображение, нажав кнопку , расположенную в области Операции ленты режима Модель. В результате изображение детали будет модифицировано в соответствии с вновь введенными параметрами выбранного элемента.

При выборе опции **Динамически править** на графическом изображении детали эскиз выбранного элемента выделяется измененным цветом с размерными обозначениями, определяющими его конфигурацию. С помощью указателя мыши можно привязаться к соответствующему примитиву эскиза и, не отпуская левую клавишу, перетащить его (изменить параметр этого примитива и элемента в целом). Одновременно будет изменяться значение соответствующего размера, по которому можно точно отслеживать параметры изменяющегося элемента. Для закрепления произведенных изменений следует воспользоваться режимом регенерации изображения ().

Используя опцию **Править определение**, можно существенно переопределить параметры выполняемой операции, так как в этом случае выводится панель операции создания выбранного элемента (см., например, рис. 1.5). С помощью такой панели можно изменить:

– тип формируемого элемента. Например, изменить вытягивание на вырез;

– размер вытягивания или выреза;


– форму выреза, например, с круглой на квадратную;


– положение элемента – переместить вырез на плоскости эскиза;


– привязки элементов и размеров;

– опции операции формируемого элемента, такие как глубина.



В правой части панели операции выводятся значки, которые позволяют:

– предварительно просмотреть результаты изменения в графическом окне ();

– обеспечить паузу в ходе текущей правки определения элемента, что позволяет выполнять другие функции ();

– восстановить приостановленную операцию правки определения элемента ();

– завершить определение элемента ().

От действий, произведенных в процессе редактирования, всегда можно отказаться, если воспользоваться кнопками отмены  и восстановления  операций, расположенных в панели быстрого доступа.

1.6. Средства управления положением и масштабом модели

При формировании трехмерных геометрических моделей и для визуальной оценки результатов генерирования базовых операций приходится представлять изображение, выводимое на экран, в наиболее удобном для пользователя виде. Для этого необходимо уметь перемещать и поворачивать модель в пространстве, а также изменять масштаб ее представления. Все эти действия можно выполнять с помощью клавиши мыши и клавиатуры (таблица).

Средства управления положением и масштабом модели

Действие, выполняемое над изображением модели	Комбинация клавиши мыши и клавиши клавиатуры	Примечание
Вращение	Нажатая средняя клавиша мыши (колесико)	Вращение модели происходит относительно начала координат при перемещении указателя мыши
Перемещение	Shift + нажатая средняя клавиша мыши (колесико)	Перемещение модели происходит при перемещении

		указателя мыши
Поворот	Ctrl + нажатая средняя клавиша мыши (колесико)	Поворот модели вокруг точки исходного положения указателя против часовой стрелки/по часовой стрелке при перемещении указателя мыши влево/вправо
Изменение масштаба	Вращение колесика мыши	—
Плавное изменение масштаба	Shift + вращение колесика мыши	—
Грубое изменение масштаба	Ctrl + вращение колесика мыши	—

1.7. Рабочие каталоги (папки) и сохранение результатов работы

Рабочий каталог (папка) предназначен для открытия находящихся в нем файлов и сохранения файлов, созданных в процессе работы с системой. Рабочий каталог определяется (прописан) в локальном определении установки Creo Parametric 2.0 (по умолчанию это папка *Мои документы*).

Пользователям целесообразно организовать свою деятельность так, чтобы для каждого проекта предварительно создавать отдельную папку, в которой выполняется работа только с этим проектом. Таким образом, каждый раз, начиная работу в системе, конструктор должен создать и установить в качестве рабочего каталога папку, в которой планирует работать и в которой будут располагаться файлы создаваемых модулей деталей.


Существуют разные способы назначения рабочего каталога пользователя. Используйте тот, который кажется вам наиболее удобным.

В дереве папок или в Браузере выберите папку и нажмите правую клавишу мыши на папке, которая должна стать новым рабочим каталогом (папкой), и контекстном меню выберите опцию *Задать рабочую папку*.

В Главном меню выберите пункт Файл ► Открыть, в поле диалогового окна Открыть файл нажать правую клавишу мыши (вызвать контекстное меню) на папке, которая должна стать новым рабочим каталогом, и выбрать в нем опцию *Задать рабочую папку*.

Просматривать рабочий каталог не выходя из системы можно в любое время, выбрав строку Рабочая папка в общих папках с помощью навигатора системы.

2. СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ 3D-ОБЪЕКТОВ

Для формирования трехмерных моделей твердого тела необходимо загрузить систему Creo Parametric и в панели быстрого доступа или в ленте Главного меню системы выбрать команду **Создать** , а в появившемся окне (рис.2.1) в поле *Наименование* вместо имени по умолчанию prt0001 следует ввести имя создаваемой модели в английской транскрипции. Целесообразно не убирать галочку в окне напротив пункта *Использовать шаблон по умолчанию*, так как в этом случае система сама формирует начальные элементы модели детали (базовые координатные плоскости и начало координатной систе-

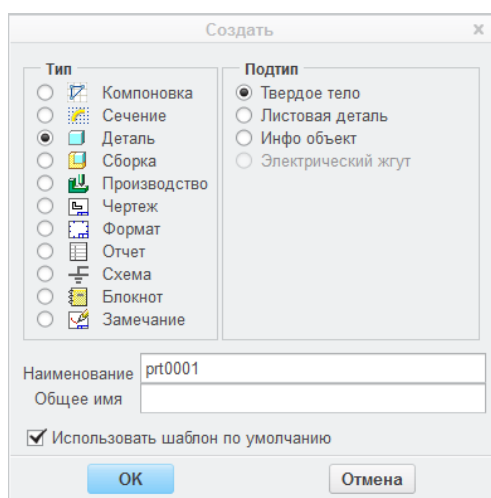


Рис. 2.1. Окно команды **Создать**

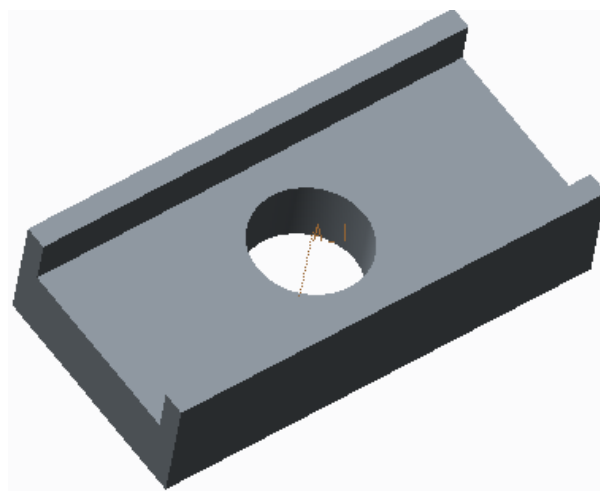


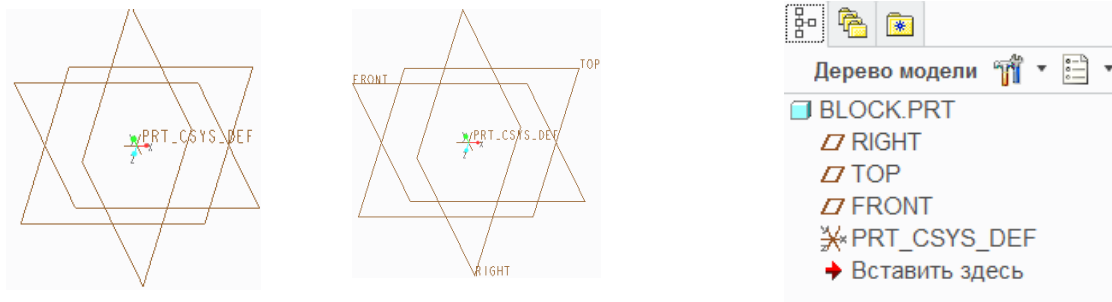
Рис. 2.2.Общий вид простой детали Block

мы), упрощающие дальнейший процесс формирования модели. После этого нажмите кнопку ОК, убедившись, что тип создаваемой модели – деталь, а подтип – твердое тело.

2.1. Создание модели простого тела “Block”

В качестве начального опыта работы в системе следует создать твердотельную модель детали (рис. 2.2), которая представляет собой кубоид с параметрами 10×20×5 мм с двумя вырезами – прямоугольным (8×2 мм) вдоль верхней части и отверстием диаметром 5 мм в центре кубоида. Для обеспечения больших возможностей при модификации образа детали целесообразно ее модель формировать посредством трех операций – создания первоначально базового элемента на основе кубоида, а затем формирования в любой последовательности продольного выреза и отверстия.

1. **Начало работы в системе.** Для формирования требуемой модели необходимо в окне команды **Создать** ввести имя детали Block и ОК. В



результ-

а – без указания имен б – с именами

Рис. 2.3. Базовые координатные плоскости

Рис. 2. 4. Начальное дерево

тате система выведет на экран дисплея начальные элементы модели детали – базовые координатные плоскости, соответствующее ей дерево и ленту команд для вызова операций по дальнейшему созданию требуемого образа (рис. 2. 3).

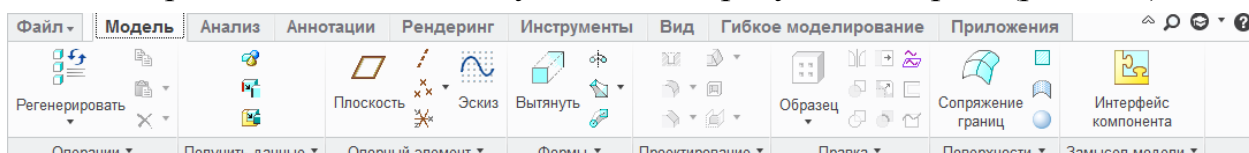


Рис.2.5. Лента команд для реализации операций по созданию модели

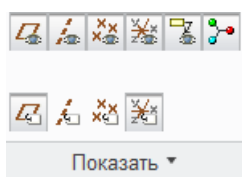


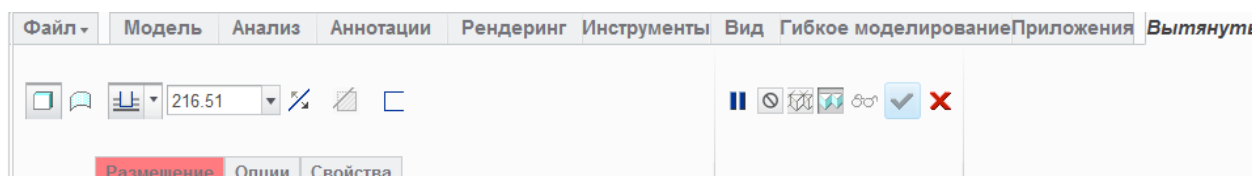
Рис. 2.6. Область

Показать элементы

Для того, чтобы координатные плоскости формировались с именами (рис. 2.3, б) необходимо в Главном меню системы выбрать опцию **Вид**, а затем в области **Показать** (рис. 2.6) ленты **Вид** выбрать кнопку **Показ** **тегов плоскостей**.

2. Создание базового элемента Блока.

В области **Формы** ленты **Модель** выберите операцию **Вытянуть**. В результате этого действия в дереве модели добавится запись об этой операции, а на месте ленты **Модель** появится панель этой операции (рис. 2.7).



2.7).

Рис. 2.7. Панель операции **Вытянуть**

На появившейся панели нужно нажать кнопку **Размещение**, выделенную

красным цветом, в результате чего система будет выведена панель **Эскиз** (рис. 2.8, а) для задания плоскости эскиза сечения формируемого элемента

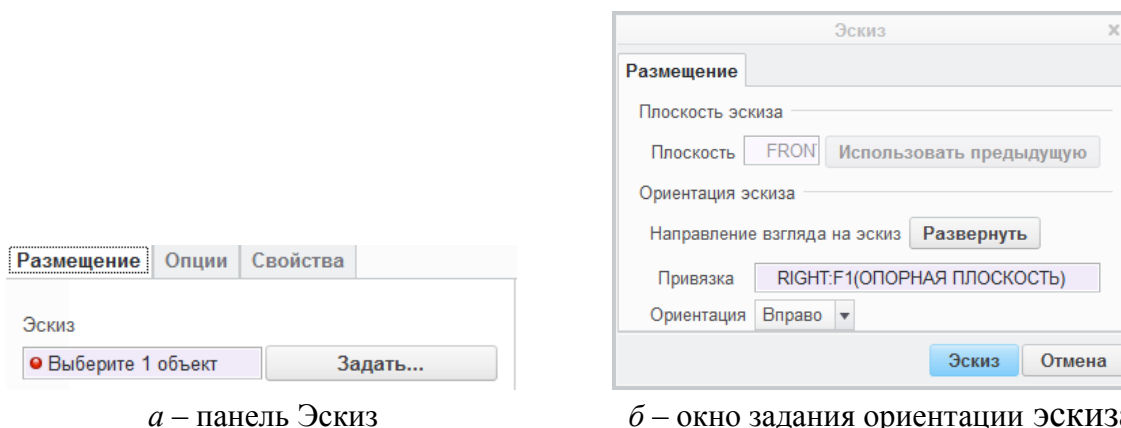


Рис. 2.8. Определение плоскости размещения эскиза

модели. Здесь следует нажать кнопку **Задать**, и в открывшемся окне (рис. 2.8, б) определить плоскость формирования эскиза и ее ориентацию в пространстве.

В качестве плоскости эскиза можно задать любую координатную плоскость, выбрав ее в области рисования или в дереве модели, например фронтальную (Front). Задав плоскость эскиза, нажмите кнопку **Эскиз**, система сама по умолчанию определит ее ориентацию в пространстве и перейдет в режим формирования эскиза сечения, выведя ленту **Эскиз** (рис. 2.9).

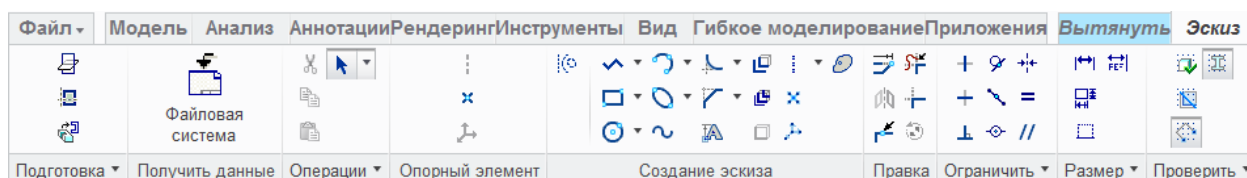


Рис. 2.9. Лента команд для формирования эскиза

Для удобства формирования эскиза сечения необходимо расположить плоскость эскиза (Front) параллельно плоскости экрана для чего в области **Подготовка** ленты **Эскиз** следует выбрать кнопку **Вид эскиза** (рис.2.10). Так как предстоит создать симметричный элемент, то, прежде всего, необхо-

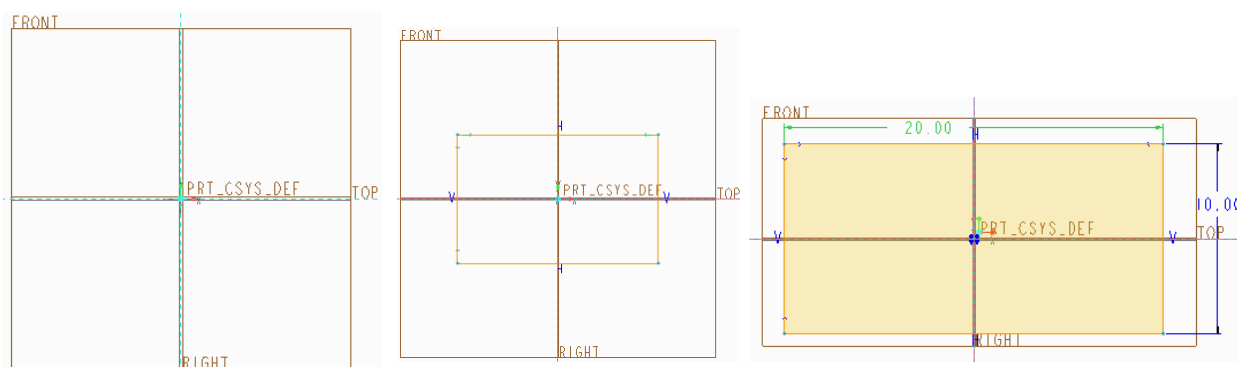











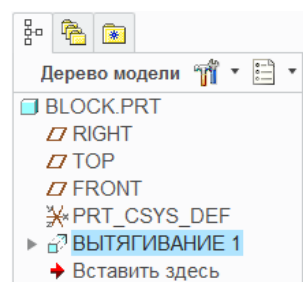
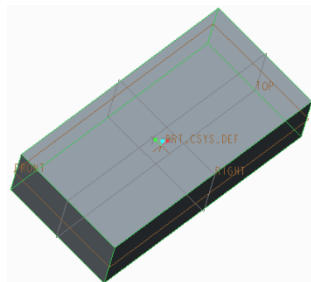
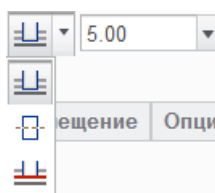
Рис. 2.10. Плоскость эскиза Рис. 2.11. Эскиз сечения Рис. 2.12. Завершенное сечение

можно сформировать две оси симметрии, совпадающие с базовыми плоскостями, представленными на эскизе. Для этого надо выбрать кнопку  **Ось** в области *Создания эскиза* и нарисовать ее по двум точкам, расположенным на соответствующих базовых плоскостях (рис. 2.11). После этого легко формируется сечение кубоида с помощью кнопки  **Формирование прямоугольника**, так как стрелки, появляющиеся в его углах (рис. 2.12), показывают зону захвата системой области, соответствующей симметрии его сторон относительно заданных осей.

Нажмите кнопку  **Выбрать** в области *Операции* и измените появившиеся на эскизе размеры прямоугольника на требуемые – на 20 и 10 мм. Эту операцию можно выполнить либо дважды нажать на соответствующем размере левую клавишу мыши и, когда размер будет выделен, ввести новую величину, либо выделить охватывающим прямоугольником все размеры и с помощью кнопки  **Изменить**, находящейся в области *Правки*, последовательно откорректировать все размеры, как это было описано в 1.2.2 (например, см. рис. 1.23). После этого можно сохранить сечение (рис. 2.12) и выйти из эскиза, нажав кнопку  **Сохранить и выйти из эскиза** в области *Заккрыть*. В результате система вернется к панели операции **Вытянуть** (см. рис. 2.7), чтобы пользователь смог задать параметры вытягивания сечения.

Необходимо ввести третий параметр кубоида (5 мм) и выбрать способ вытягивания в обе стороны на половинную глубину от общего размера с помощью кнопки  , которая входит в состав кнопок Вытягивания (рис. 2.13). После этого можно завершить операцию Вытянуть (кнопка ) или предварительно посмотреть результат (кнопка ) , не выходя из операции, если нет уверенности в ее корректности. В последнем случае можно вернуться в операцию по кнопке  **Возобновление операции** и переопределить ее параметры. Результат завершенной операции **Вытянуть** с

Деревом модели





представлен на рис. 2.14

а, б.

Рис. 2.13. Кнопки, задающие условия вытягивания

Рис. 2.14. Модель базового элемента (а) и его дерево (б)

3. **Создание продольного паза** выполняется тоже с помощью операции **Вытянуть**, но не с добавлением, а с удалением материала из объема базового элемента. Для этого в соответствии с п. 2.2 и п. 2.3 следует в области *Формы* ленты Модель (см. рис. 2.5) выбрать операцию **Вытянуть**  и с помощью Панели операции **Вытянуть** (см. рис. 2.7) определиться с плоскостью эскиза для формирования выреза и ее ориентацией. В качестве плоскости эскиза следует выбрать торцевую поверхность базового элемента (рис. 2.15, а) или плоскость Right, а затем сориентировать эту плоскость, выбрав с нажатой клавишей Alt вторую поверхность на базовом элементе, например, верхнюю (рис. 2.15, б), указав в окне эскиза, что на формируемом эскизе сечения она должна располагаться сверху (рис. 2.15, в) и нажать кнопку **Эскиз**. После этого необходимо сориентировать плоскость эскиза с плоскостью экрана, нажав кнопку  **Вид эскиза** в области Подготовки (см.

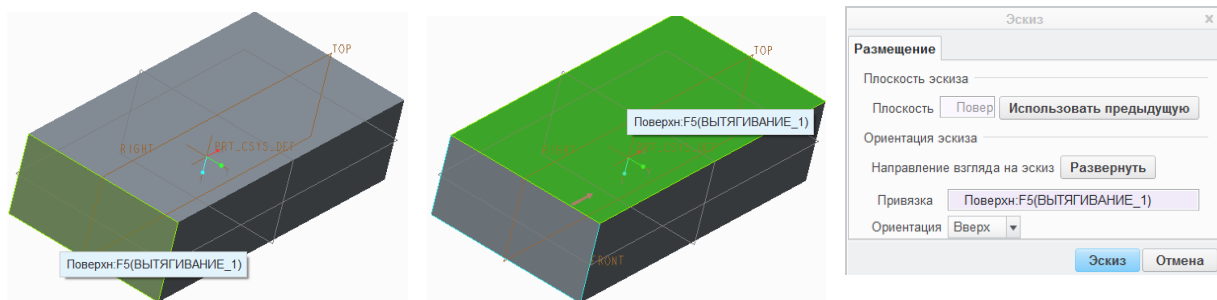


рис. 2.9).

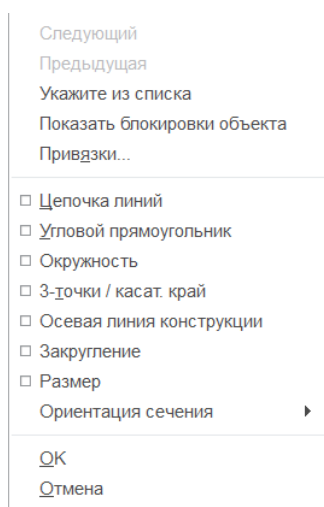
Рис.2.15. Определение плоскости эскиза (а) и ее ориентации (б и в)

Форма сечения паза формируется с помощью прямоугольника, симметричного относительно плоскости Right длинная сторона которого должна быть привязана к верхней грани базового элемента. Для обеспечения этих условий необходимо в плоскости сечения сформировать осевую линию (см. п. 2.4) и выполнить привязку к верхней грани, подведя локатор мыши к верхней грани базового элемента и нажав правую клавишу мыши для вызова контекстного меню (рис. 2.16, а) и выбора в нем строки Привязки. При этом будет

выведено окно Привязки (рис. 2.16, б) с указанием соответствующих привязок, с которыми следует согласиться, нажав кнопку **Заккрыть**.

Таким образом, сечения паза (рис. 2.17) определяется прямоугольником симметричным относительно плоскости Top с ребром, привязанным к верхней грани. При этом изображение на рис. 2.17, а соответствует стилю представления базового элемента, установленному по умолчанию (с закраской), а на рис. 2.17, б – без скрытых линий, что нагляднее для пользователя.

После прорисовки эскиза паза следует скорректировать его размеры (8×2



мм) и выйти из режима его формирования, нажав кнопку (ОК), а за-

а

а
б

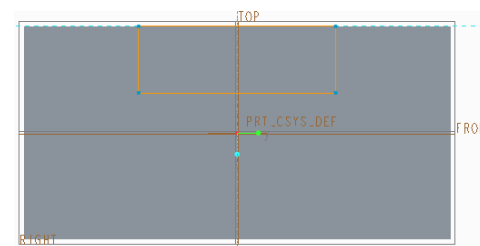


Рис. 2.16. Контекстное меню (а) и Окно привязки (б)

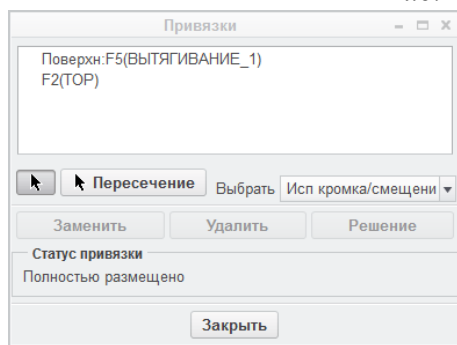
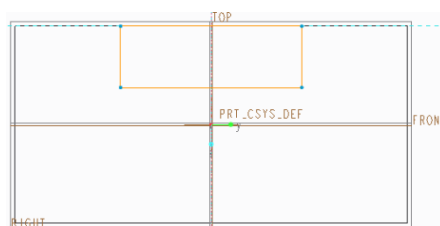
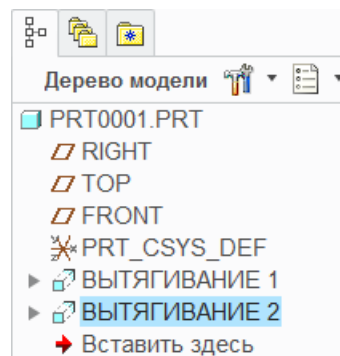
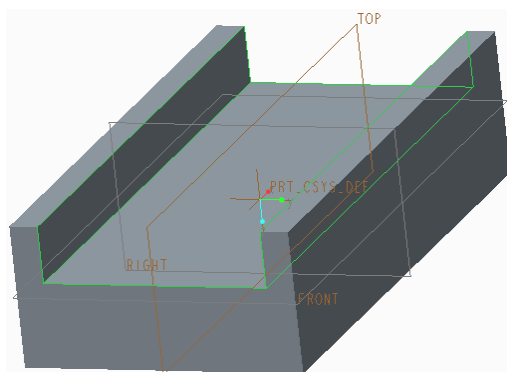





Рис. 2.17. Сечение паза

тем в Панели операции (см. рис. 2.5) выбрать



опцию **Пересечения со всеми поверхностями** и установить режим




удаления материала (нажав кнопку ). Чтобы убедиться, что операция Вытянуть осуществляется в нужном направлении, используйте кнопку  **Изменить направление выдавливания материала**, и завершить операцию с помощью кнопки  **Завершить операцию**. В результате модель с закраской и ее дерево представлено на рис. 2.18, а, б.

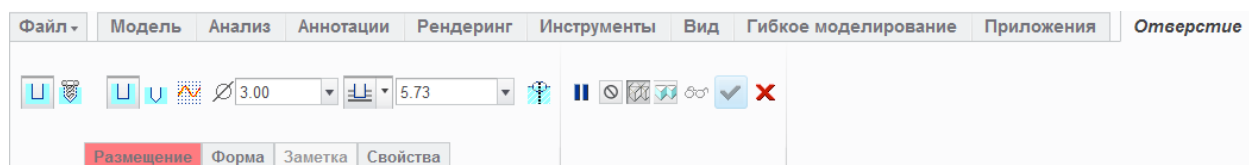
а

б

Рис. 2.18. Кубоид с пазом (а) и соответствующее ему Дерево модели (б)

Целесообразно перед выходом из операции **Вытянуть** убедиться в корректности ее выполнения (см. п. 2.6). Если это не сделать и результат окажется неожиданным (ошибочным), следует скорректировать параметры операции, используя средства редактирования элементов модели детали в соответствии с описанием, представленным в п. 6.

4. **Формирование отверстия.** Для завершения модели осталось создать отверстие в центре ранее созданной заготовки. Для этого воспользуйтесь операцией **Отверстие**, кнопка вызова которой  находится в области **Проектирование** ленты **Модель**. После нажатия этой кнопки над деревом модели появится панель операции **Отверстие** (рис. 2.19), где можно выбрать различные параметры создаваемого отверстия (форму, глубину, привязки, диаметр и др.). Прежде всего нужно выбрать поверхность, на которой будет размещено отверстие. Для этого следует нажать кнопку **Размещение** и выделить плоскость заготовки, относящуюся к пазу (между

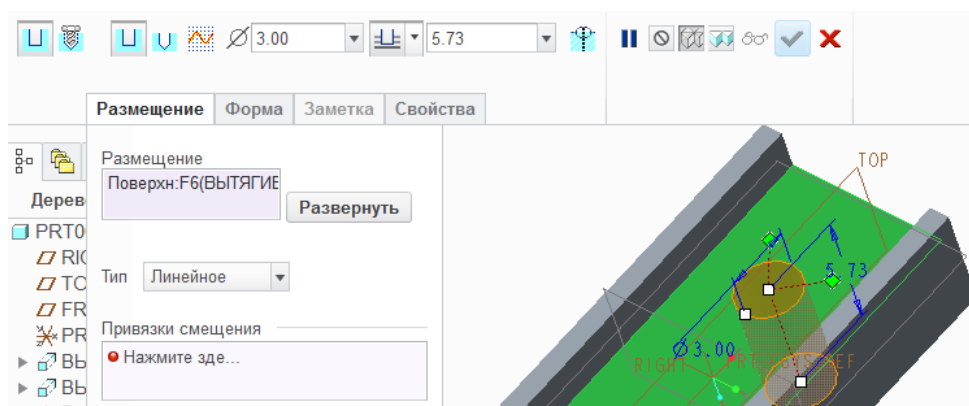


двумя выступами, по краям). На ней появляется фантом будущего отверстия и окно Размещение (рис. 2.20).

Рис. 2.19. Панель задания параметров отверстия

Рис. 2.20. Окно Размещение и фантом отверстия

Выберите привязки и задайте смещение центра отверстия относительно этих привязок. Привязки – это два зеленых ромбика, соединенных пунктирной



линией с центром отверстия. Так как отверстие должно быть расположено по центру, то один из них следует навести на плоскость Right, а другой – на плоскость Front. При наведении ромбика на условную границу плоскости он становится черным квадратом с белым центром, а соответствующая плоскость выделяется голубым контуром (рис. 2.21).

При закреплении привязок в окне Размещение в области Привязки смещения появляются имена соответствующих плоскостей и величины смещения центра отверстия относительно этих плоскостей, сформированные системой автоматически. Теперь в полях смещения нужно задать нулевое зна-

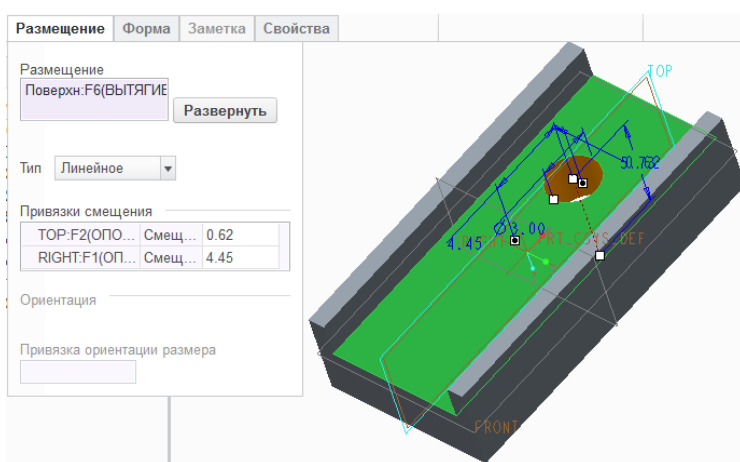


Рис. 2.21. Закрепление привязок отверстия

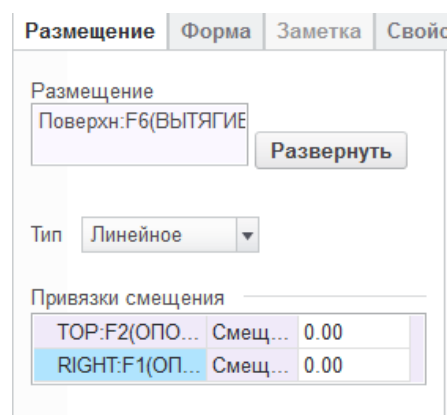


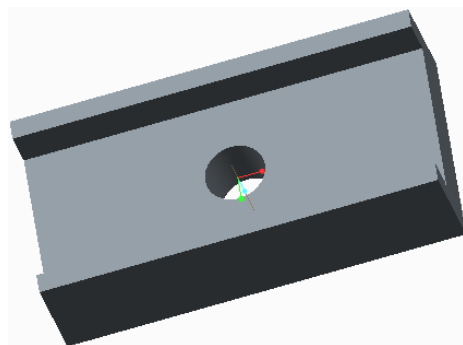
Рис. 2.22. Задание нулевых значений

чение смещение центра отверстия относительно каждой плоскости привязки (рис. 2.22). При этом фантом отверстия расположится строго по центру.

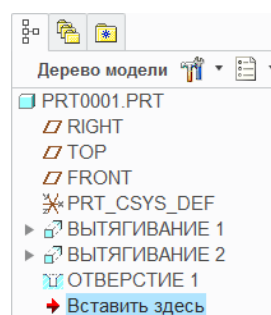
Теперь следует задать требуемый диаметр отверстия – 5, способ сверления –

Пересечения со всеми поверхностями (опция ) и с помощью кнопки 

Завершить операцию. В результате завершенная модель детали Блок с закраской и ее дерево представлено на рис. 2.23, а, б.



а



б

Рис. 2.23. Модель детали Блок (а) и ее Дерево (б)

2.2. Формирование модели детали “Опора” с применением характерных операций, используемых при создании большинства моделей

Работа связана с использованием характерных базовых операций построения объемных тел. Действие этих операций при построении конкретной детали будет подробно объяснена, и самостоятельное создание в дальнейшем аналогичных деталей не должно вызывать затруднений.

Рассматриваются следующие операции:

- добавление материала к телу детали методом прямого выдавливания;
- удаление части материала, определяемое сечением;
- добавление/удаление материала путем скругления ребер детали;
- удаление материала при создании фасок по краям детали;
- создание группы отверстий.

В ходе выполнения работы создается модель детали Опора (рис. 2. 24), в основании которой лежит кубоид (базовый элемент) с габаритами 6,25×6,25×1,5 см с отсеченными углами (1×1 мм).

1. Формирование базового элемента (основания) Опоры закрепляет знания, полученные при создании модели детали Блок, т. к. начало процесса создания твердотельной модели этой детали производится аналогично процессу создания модели Блок. Прежде всего необходимо загрузить систему Creo Parametric и в панели быстрого доступа или в ленте главного меню системы выбрать команду **Создать** , а в появившемся окне (см. рис. 2.1) в поле *Наименование* вместо имени по умолчанию prt0001 следует ввести имя создаваемой модели в английской транскрипции – Орога. Целесообразно не убирать галочку в окне напротив пункта *Использовать шаблон по умолчанию*, так как в этом случае система сама формирует начальные

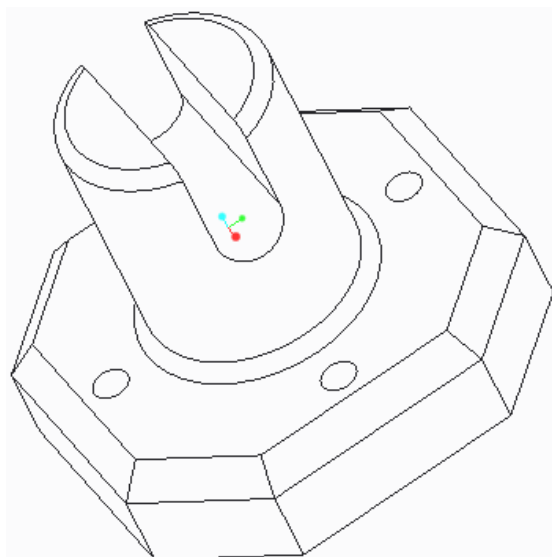








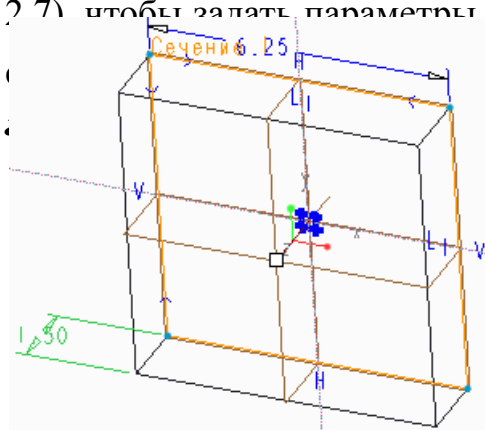
Рис. 2.24. Деталь Опора

элементы модели детали (базовые координатные плоскости и начало координатной системы), упрощающие дальнейший процесс формирования

модели, соответствующее им Дерево модели и ленту команд для реализации операций по дальнейшему созданию требуемой модели (см. рис. 2.3 – рис. 2.5). После этого нажмите кнопку ОК, убедившись, что тип создаваемой модели – деталь, а подтип – твердое тело.

Напомним, что для того, чтобы координатные плоскости формировались с именами (см. рис. 2.3, б) необходимо в Главном меню системы выбрать опцию **Вид**, а затем в области *Показать* (см. рис. 2.6) ленты **Вид** выбрать кнопку **Показ тегов плоскостей** . Затем в области *Формы* ленты **Модель** выберите операцию **Вытянуть** , а в панели этой операции (см. рис. 2.7), выведенной на месте ленты **Модель**, с помощью красной кнопки *Размещение* выведите панель и окно *Эскиз* (см. рис. 2.8), с помощью которых задайте и сориентируйте плоскость эскиза сечения формируемого элемента модели (например, Front) в пространстве. Не забудьте расположить плоскость эскиза параллельно плоскости экрана, выбрав для этого кнопку **Вид эскиза**  (в области *Подготовка* ленты **Эскиз**).

Так как сечение основания элемента Опора симметрично вначале следует сформировать две оси симметрии, совпадающие с базовыми плоскостями эскиза, а затем симметричный относительно их квадрат с помощью прямоугольника . В связи с тем, что практически трудно с помощью прямоугольника сразу получить квадрат, необходимо в области *Ограничить* ленты **Эскиз** выбрать опцию **Равный** , а затем с нажатой кнопкой Ctrl (последовательный выбор) осуществить выбор двух смежных сторон прямоугольника – стороны станут равной длины, т. е. прямоугольник преобразуется в квадрат. После этого размер стороны квадрата корректируется в соответствии с требуемым значением (6,25 мм), выходя из режима рисования эскиза, нажав в области *Закрывать* кнопку  **Сохранить и выйти из эскиза**, и возвращаются в панель операции **Вытянуть** (см. рис. 2.7). Чтобы задать параметры вытягивания сечения на величину 1,5 см в одну



с помощью кнопки  **Вытянуть на заданную**




В результате завершения операции **Вытянуть** (кнопка ) формируется модель основания (базового элемента) детали Опора, которая приведена в каркасном исполнении

Рис. 2.25. Основание Опоры на рис. 2.25.

2. **Формирование цилиндрического штифта** детали Орога следует также выполнять используя операцию **Вытянуть** . Однако в этом случае сечение должно иметь форму круга. Сечение штифта предполагается строить в центре полученного ранее основания, выбрав его плоскость в качестве плоскости сечения и создав предварительно две осевые. Для этого выполняются действия аналогичные тем, которые проделывались при формировании основания (рисуетс~~я~~ сечение и задаются параметры операции). Диаметр создаваемой по кнопке  окружности сечения делается 3 (рис. 2.26, а), а высота штифта (величина вытягивания) – 3.75 мм (рис. 2.26, б).

Следует отметить, что при выборе в качестве плоскости привязки штифт-

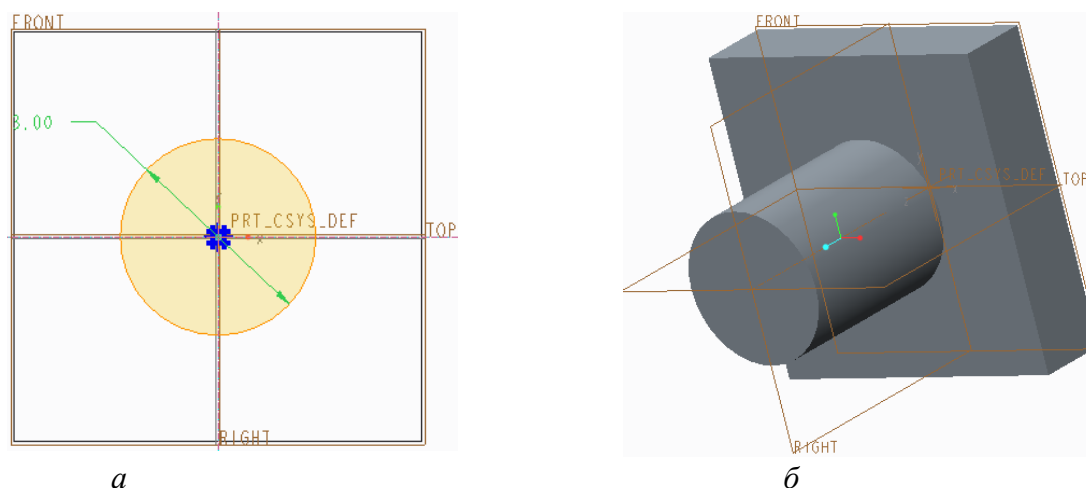




Рис. 2.26. Сечение штифта (а) и модель основания со штифтом (б)

та грани детали, а не опорной плоскости, система не требует от пользователя указать направление формирования элемента. В данном случае она сама вычисляет направление, исходя из логики наложения элемента на существующий объемный примитив. Например, отверстие не может быть построено снаружи и также нет смысла строить выступ внутрь.

3. **Отсечение углов** в основании Опоры также осуществляется с помощью операции  **Вытянуть**. В качестве плоскости эскиза для этой операции просто выберем мышью переднюю грань основания и сориентируем ее параллельно экрану (при наличии твердотельной модели для этого уже совершенно не обязательно использовать красную кнопку Размещения и окно ориентации эскиза).

Особенностями построения контуров сечения является их симметричность относительно центральных осей симметрии модели, их замкнутость и необходимость привязки их сторон к боковым ребрам (граням) основания,

чтобы система правильно вырезала эти угловые части на модели. В этой связи после задания двух осей симметрии на модели и до построения первого сечения (контура) целесообразно указать в качестве привязок боковые ребра (края) модели детали. Для этого по нажатию правой клавиши мыши надо вызвать контекстное меню, выбрать в нем строку *Привязки* (рис. 2.27) и последовательно выбрать мышью верхнее и правое ребра основания. Об установлении режима привязки можно судить по записям, выводимым в Окне привязки (рис. 2.28), и по пунктирным линиям, формируемым вдоль выбранных ребер. После этого с помощью Полилинии (опция  в области *Создание* панели *Эскиз*) следует сформировать замкнутый треугольник сечения выреза со сторонами, привязанными к боковым ребрам основания, установить равенство катетов этого треугольника и их длину в 1,5 см. Корректность сформированного сечения подтверждается системой изменением его закрашки (рис. 2.29).

Затем, прежде чем выходить из режи-

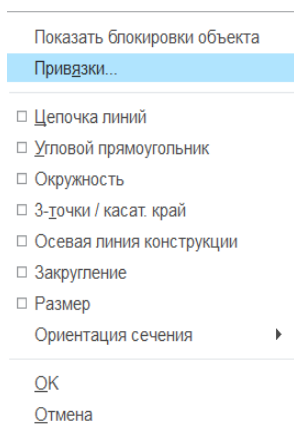


Рис. 2.27. Меню

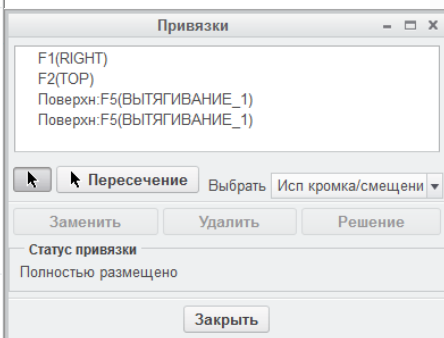


Рис. 2.28. Окно Привязки

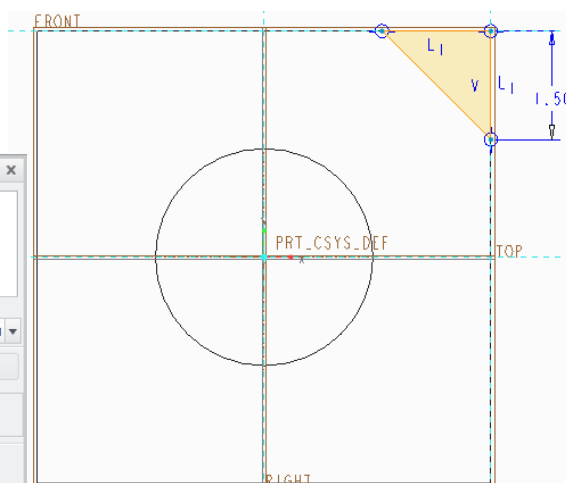

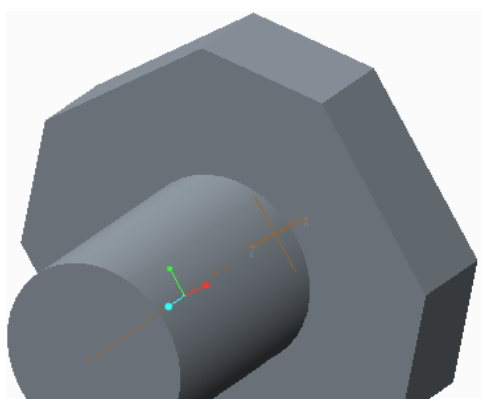
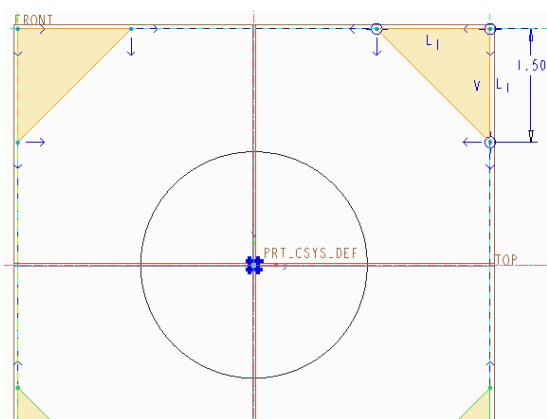


Рис. 2.29. Сечение выреза

ма формирования эскиза, следует создать 3 оставшихся сечения, обеспечивающих вырез материала в остальных углах основания. Для этого вначале при нажатой клавише Ctrl или охватывающим прямоугольником следует выбрать все 3 отрезка сформированного сечения (треугольника), а затем указать опцию  **Зеркально отобразить** в области *Правка* и выбрать вертикальную ось. На эскизе в левом верхнем углу поверхности основания должен отобразиться второй закрашенный контур, если элементы исходного



контура были









Рис. 2.30. Контур всех углов
выбраны правильно. После этого аналогичным образом следует выбрать и зеркально отобразить два построенных контура относительно горизонтальной оси (рис. 2.30) и выйти из режима создания сечения (кнопка ОК ). Контур отсечения угловых частей материала основания сформированы и в панели операции **Вытянуть** требуется только определить направление выдавливания , а также то, что материал должен быть удален , и то, что он должен быть удален на всю глубину детали . Вначале убедитесь в правильности результата () перед его окончательной фиксацией  (рис. 2.31).

Рис. 2.31. Модель со срезанными углами
4. Формирование симметричных отверстий в основании Опоры. Операция построения стандартного отверстия была рассмотрена ранее, также как и способ формирования симметричных объектов на примере контуров отсечения, который можно использовать для создания требуемых отверстий. Чтобы ознакомиться с другим подходом симметричного создания элементов, применять эти операции не следует, а группу отверстий диаметром 0.5 см на расстоянии 2,3 см от центра фигуры создадим иным образом – с помощью предварительно созданного образца и операции круговой **Массив**. Для этого в Главном меню системы в режиме **Модель** в поле **Правка** следует

использовать команду  **Массив_Создать образец**. После этого в поле Проектирование надо выбрать опцию  **Отверстие** и в соответствии с п.п.10-13 раздела 1.2 указать для его размещения переднюю поверхность основания модели. В появившемся фантоме необходимо осуществить привязку обоих зеленых ромбиков на расстоянии 0,0 и 2,3 см к плоскостям Right и Top соответственно. В панели операции надо задать диаметр отвер-

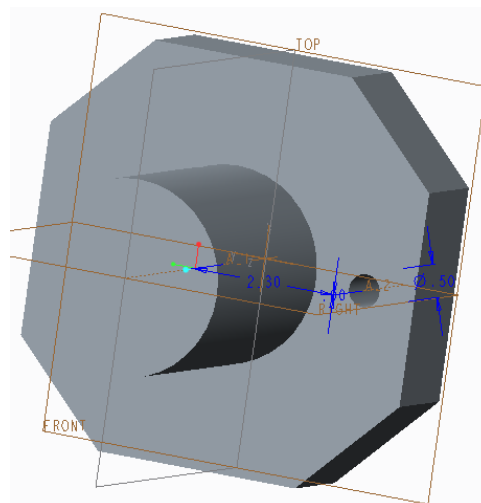







Рис. 2.32. Базовое отверстие
ствия 0,5 см; способ создания – **Пересечение-со всеми поверхностями** (опция ) и с помощью кнопки  **Завершить операцию** (рис. 2.32). Далее необходимо повторить выбор команды  **Массив**, в результате чего появится панель **Шаблон** создания Массива, в

которой следует раскрыть вкладку **Размер** (рис. 2.33) и выбрать строку **Ось**, чтобы далее формировать круговой массив. После этого надо выбрать ось, указав в качестве ее ось штифта, а остальные параметры (общее количество отверстий – 4, угол сдвига каждого отверстия – 90^0 и общий угловой диапазон в 360^0 , в котором должны располагаться формируемые отверстия) оставить без изменения. Можно посмотреть предварительный результат операции  (рис. 2.33) или сразу же завершить ее кнопкой  и получить круговой массив отверстий (рис. 2.34).

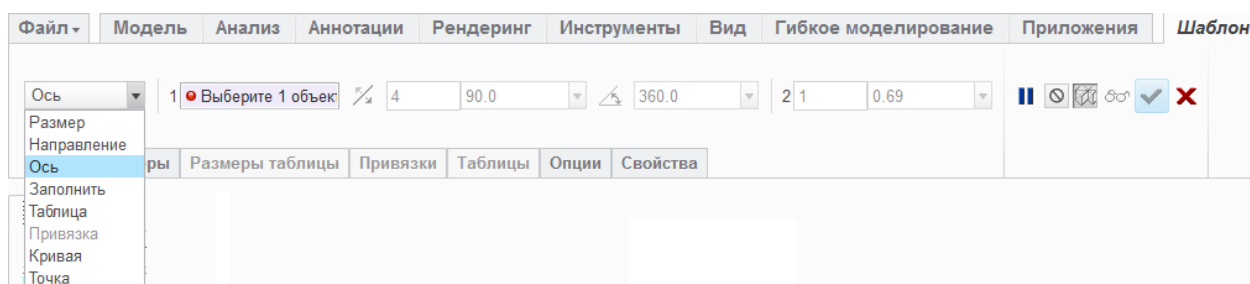


Рис. 2.33. Панель операции **Массив** с развернутой опцией **Размер**

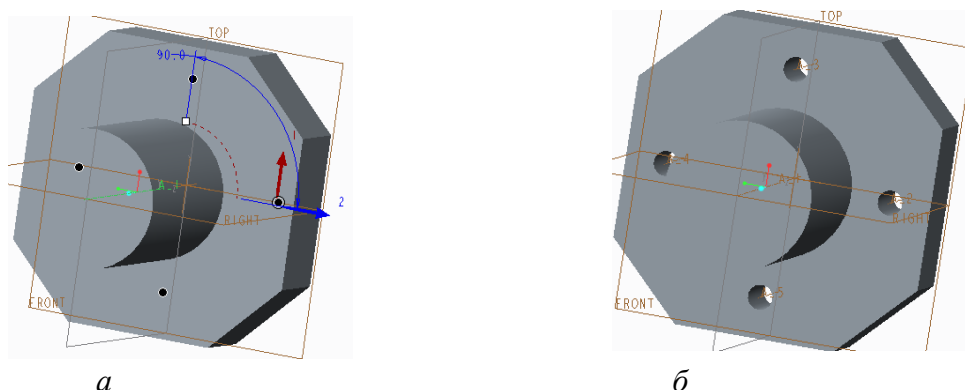


Рис. 2.34. Круговой массив: *а* – положение фантонов отверстий; *б* – сами отверстия

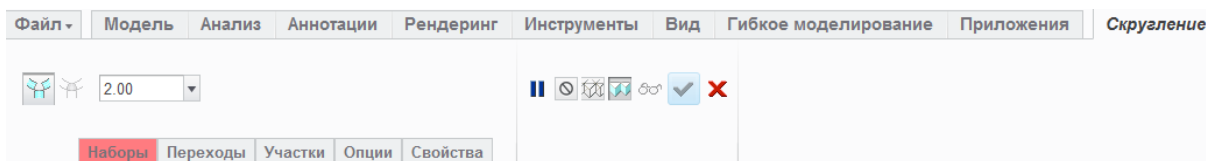




Рис. 2.35. Панель операции **Скругление**

5. Скругление и создание фасок. Скругление верхней и нижней части штифта с одинаковым радиусом может быть выполнено одновременно или поочередно. Поочередное скругление выполняется, если в дальнейшем при модификации предполагается изменять параметры только одной из фасок. Выполним одновременное скругление, воспользовавшись помощью вкладки **Скругление**  области **Проектирование**. К атрибутам операции скругления относится размер радиуса и способ выбора обрабатываемых ребер (рис. 2.35).

Радиус скругления установим постоянным 2 мм, а далее выберем ребра (как два набора), которые нам нужно скруглить (рис. 2.36).

Построению фаски соответствует вкладка **Фаска кромки**  области **Проектирование**. Атрибутами фаски кромки являются форма фаски и ее раз-

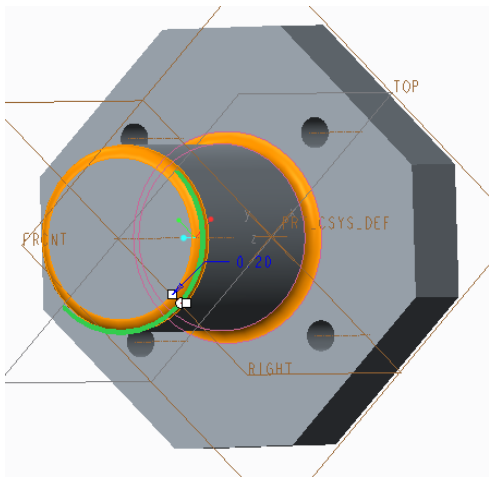


Рис. 2.36. Ребра (контуры) Скругления

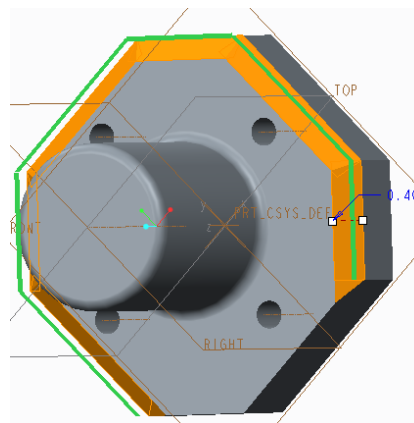


Рис. 2.37. Выбор ребер для фаски

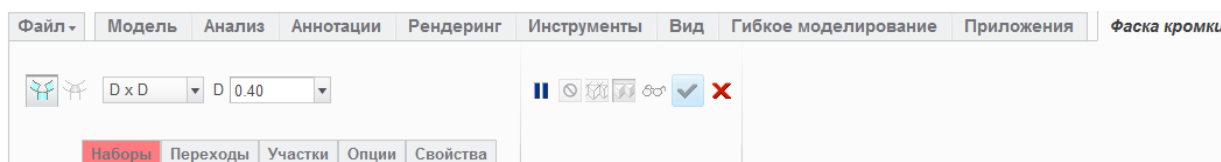







Рис. 2.38. Панель задания параметров Фаска кромки

мер. В качестве формы фаски выберите D×D или D×45, а в качестве величины параметра D значение 0,4 мм (рис. 2.38).

Последовательно мышью необходимо выбрать ребра сверху основания модели (рис. 2.37) и ввести  ОК (рис. 2.39).

6. Формирование паза на штифте обеспечивается операцией  **Вытя-нуть** замкнутый контур, построенный в плоскости Right. Его сечение должно вытягиваться в обе стороны  **Насквозь**, что задается с помощью Опции глубины в панели **Вытянуть** (рис. 2.40) с удалением материала . Для создания сечения следует предварительно выполнить привязку к верхней линии штифта, сформировать ось симметрии по плоскости Top и нарисовать привязанный к верхней линии штифта симметричный прямоугольник. Стереть нижнюю сторону прямоугольника и нарисовать вместо нее дугу .

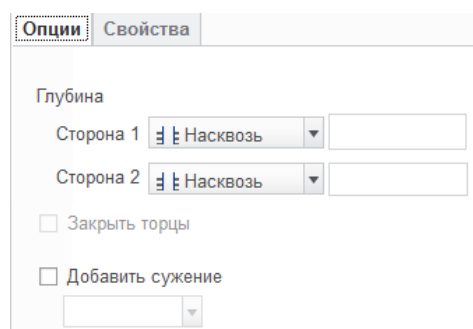
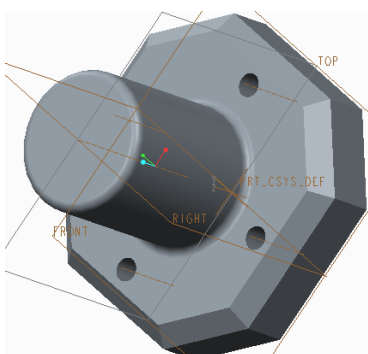


Рис. 2.39. Деталь с фасками

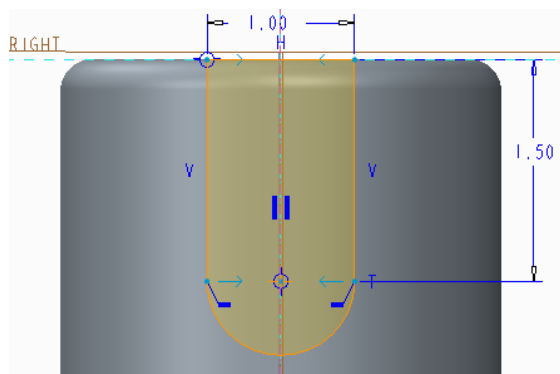


Рис. 2.41. Сечение паза штифта

Рис. 2.40. Задание Глубины паза штифта

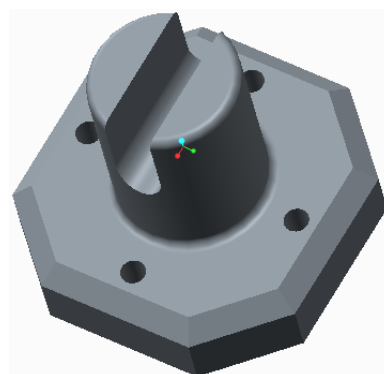




Рис. 2.42. Полная модель детали Опора

 (**Центр и края**), и задать условие касания дуги  с вертикальными сторонами прямоугольника (рис. 2.41).

В итоге будет сформирована полная модель детали Опора (рис. 2.42).

2.3. Создание модели детали “Вентилятор”

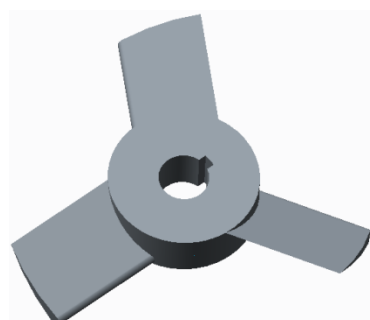



Рис. 2.43. Общий вид
сис-

При формировании модели вентилятора Vent (рис. 2.43) применяются не использовавшиеся ранее методы создания и использования вспомогательных опорных элементов – линий и плоскостей, а также образование объемных элементов тела путем поворота сечения и кругового копирования.

1. **Начало создания твердотельной модели Vent.** Как это делалось раньше (см. 2.1 и 2.2, пп.1), этому процессу должны предшествовать запуск

темы, выбор кнопки **Задать**, ввод имени создавае-

мой модели и показ тегов плоскостей.

2. **Цилиндрическую втулку** целесообразно сделать базовым элементом модели, для формирования которого лучше выбрать в поле **Формы** ленты **Модель** операцию  **Вращать** сечение относительно осевой линии. После ввода этой команды будет выведена панель этой операции (рис. 2.44) и для прорисовки сечения базового элемента необходимо определиться с плоскостью эскиза (например, Front) и ее ориентацией в плоскости экрана,

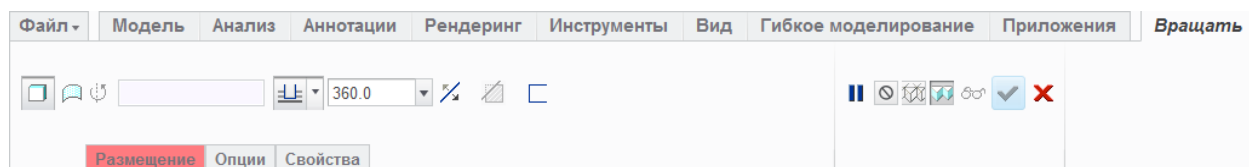



Рис. 2.44. Панель задания параметров операции Вращать

как это делалось при других операциях непосредственным указанием нужной плоскости и использованием кнопки  **Вид эскиза** (см. пп. 2, 3 разд. 2.1). В результате в поле экрана будет сформирована плоскость рисования Front, а место панели инструментов **Вращать** займет панель инструментов **Эскиз** (рис. 2.45).

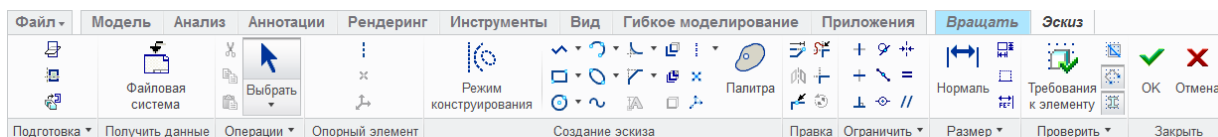






Рис. 2.45. Панель Эскиз для создания сечения операции Вращать

Создание эскиза включает формирования двух осевых линий , проходящих через начало координат и формирование прямоугольника , смещенного относительно вертикальной оси симметрии и симметричного горизонтальной оси. После этого его следует преобразовать в квадрат, установив равенство сторон , скорректировать длину его стороны, установив ее в 10 см, а расстояние до оси вращения сделать 5 см, привязавшись к соответствующим размерам и задав им требуемую величину (рис. 2.46), и выйти из режима построения сечения  (OK).

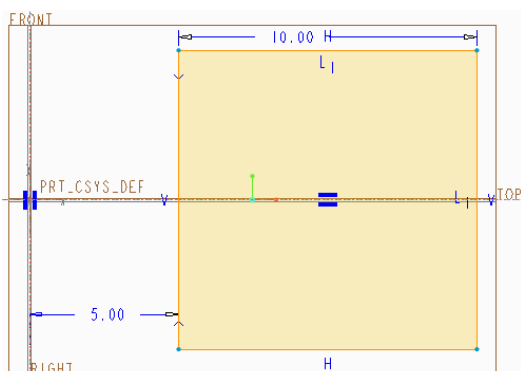


Рис. 2.46. Эскиз сечения базового элемента детали Vent

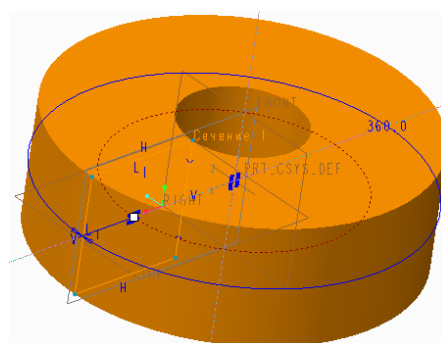


Рис. 2.48. Эскиз базового элемента детали Vent

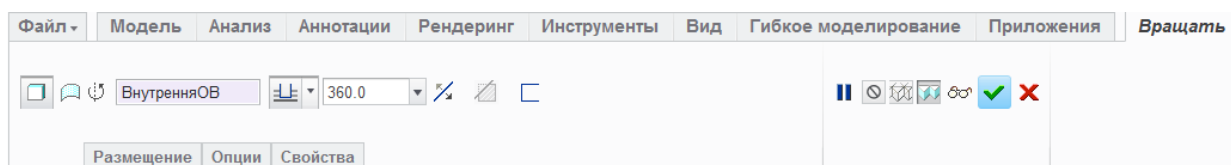









Рис. 2.47. Панель операции Вращать после возврата из режима Эскиз

При выходе из режима **Эскиз** при корректно созданном эскизе в панели операции **Вращать** система по умолчанию назначает опцию **Внутренняя ОВ** (внутренняя ось вращения), вращение на 360° (рис. 2.47) и формирует фантом создаваемого элемента. Его можно внимательно рассмотреть,

развернув в пространстве (рис. 2.48), а затем сохранить, завершив операцию . При этом цвет втулки изменяется с оранжевого на серо-синий.

3. **Создание вспомогательных линий и плоскости** необходимо для формирования лопастей вентилятора расположенных под углом 120^0 , чтобы использовать их для определения сечения лопаток и обеспечения их привяз-ки к базовому элементу. Для этого необходимо в плоскости Тор создать равносторонний вспомогательный треугольник и с помощью одной из его сторон сформировать вспомогательную плоскость параллельную оси базового элемента модели (втулки). Для ее правильного создания последовательно необходимо совершить следующие действия:

- в области *Опорный элемент* панели **Модель** выбрать мышью кнопку  **Эскиз**;
- в области рисования, в Дереве модели или в открывшемся Окне Эскиз следует выбрать или указать в качестве плоскости эскиза плоскость Тор (образовавшейся плоскости будет присвоено имя DTM1) и сориентировать ее положение параллельно плоскости экрана кнопкой  **Вид эскиза**;
- выполнить привязку к внешнему диаметру Втулки с помощью контекстного меню, вызвав его нажатием правой клавишей мыши (рис. 2.48). Предварительно для наглядности выполняемых операций желательно изменить стиль показа модели отказавшись от ее закраски, временно открыв Панель **Вид**;
- нарисовать в эскизе вертикальную осевую () и линии привязки в виде равнобедренного треугольника с вершинами, привязанными к внешнему диаметру Втулки, с помощью команды создания полилинии (). После этого необходимо наложить ограничение равенства  на длину его сторон, сделав его равносторонним (рис. 2.49). Далее следует выйти из эскиза ();
- на основе одной из сторон треугольника и плоскости Тор следует соз-

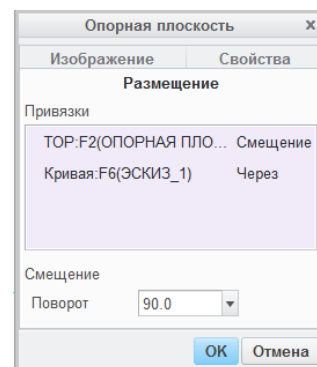
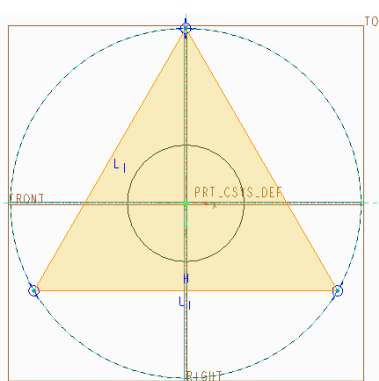
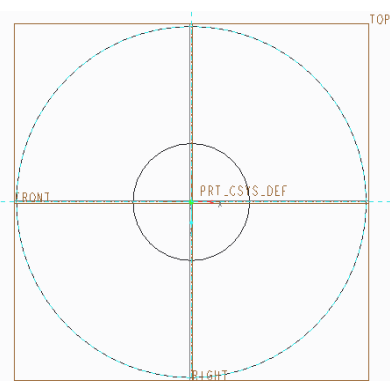


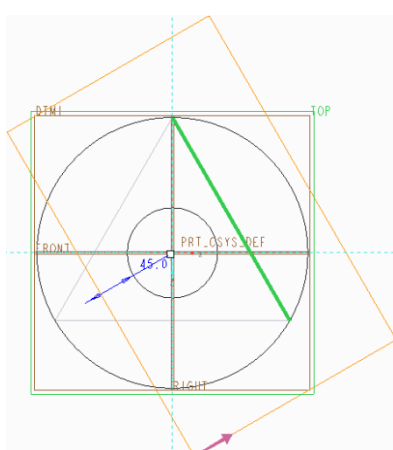


Рис. 2.48. Контур привязки

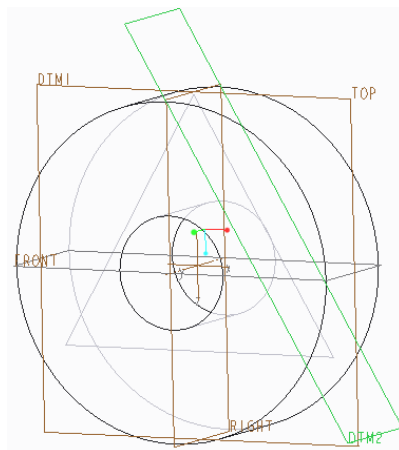
Рис. 2.49. Линии привязки

Рис. 2.50. Окно для привязки

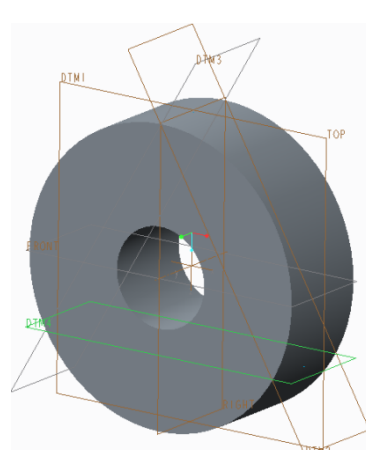
дать вспомогательную плоскость выбрав опцию  **Плоскость** в области *Опорный элемент* панели **Модель**. В появившемся окне Опорная плоскость (рис. 2.50) необходимо осуществить привязки, определяющие расположение формируемой вспомогательной плоскости DTM2 (рис. 2.51, а), которые должны выбираться с нажатой клавишей Ctrl – это сторона треугольника и, например, плоскость Top, к которой формируемая плоскость должна быть перпендикулярна (следует задать Поворот 90°). Завершается построение первой опорной плоскости по кнопке  ОК (рис. 2.51, б, в);



а




б

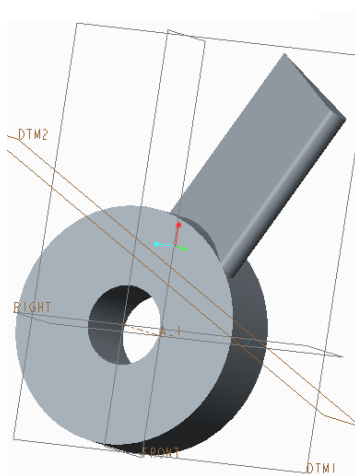


в

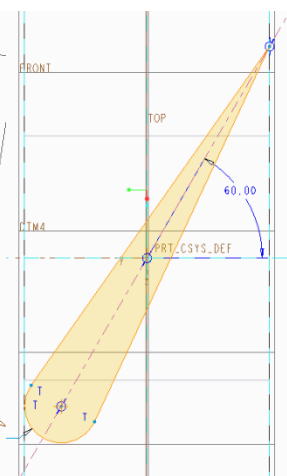
Рис. 2.51. Создание вспомогательных плоскостей: а – процесс привязки и плоскости, б, в – сформированная опорная плоскость (б – со скрытыми линиями, в – с закраской)

4. Создание лопастей вентилятора. Твердотельная модель первой лопасти (рис. 2.52, а) строится на основе ее сечения (рис. 2.52, б), сформированного в построенной вспомогательной плоскости, и его параллельным вытягиванием в одну, внешнюю, сторону. Построение остальных лопастей выполняется копированием построенной с использованием кругового массива. Таким образом, в соответствии с требуемой формой лопастей следует выполнить следующие действия:

- в области *Формы* панели **Модель** выбрать операцию  **Вытянуть** и после появления панели этой операции на изобра-



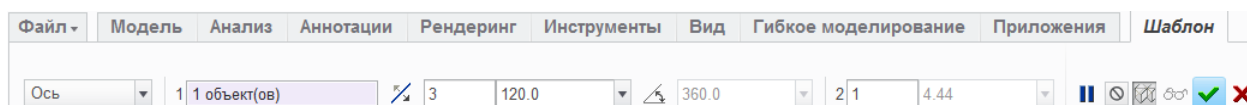
а



б

жении или в Дереве модели указать *Рис. 2.52. Форма лопасти вентилятора* в качестве плоскости эскиза вспомогательную плоскость DTM2, а затем развернуть ее параллельно плоскости экрана кнопкой **Вид эскиза** ;

- сделать две привязки – к левой и правой сторонам базового элемента, вызвав по нажатию правой клавиши мыши контекстное меню;
- сформировать осевую линию , проходящую через начало координат под углом 60^0 к горизонтали;
- сформировать окружность () с центром, расположенным на наклонной оси, диаметром 3 см, касательную к левой стороне базового элемента;
- нарисовать два отрезка () сч к созданной окружности, начало которых расположено в точке пересечения осевой линии с правой стороной базового элемента;
- разделить () созданную окружность в точках касания к ней отрезков на две дуги и удалить внутреннюю дугу, привязавшись к ней мышью, чтобы в результате образовался один замкнутый контур, определяющий сечение лопасти, в соответствии с рис. 2.52, б;
- выйти из режима построения сечения лопасти (ОК) и в панели Вытянуть задать длину лопасти 30 см и, убедившись, что она выдавливается в нужную сторону () , завершить операцию ();
- сформировать круговой массив из трех лопастей, выбрав на модели или в ее дереве в качестве шаблона только что созданную лопасть. Затем в меню операций нажать кнопку **Массив** и в панели операции (рис. 2.53) установить опцию **Ось**, выбрать на модели в качестве объекта ось вращения и задать общее количество элементов 3, значение угла приращения 120^0 (рис.



*Рис. 2.53. Панель операции **Массив***

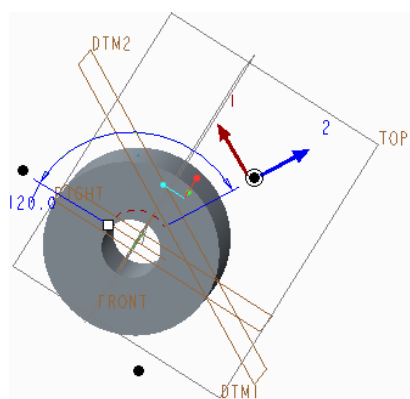


Рис. 2.54. Расположение фантомов лопастей

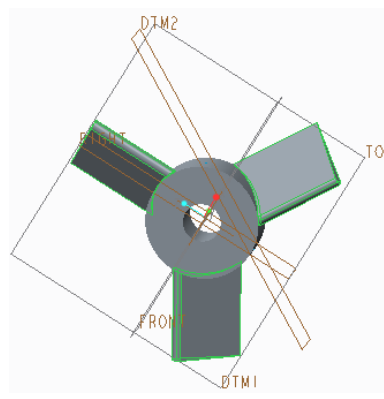













Рис. 2.55. Массив из трех лопастей

2.54) и ввести , чтобы завершить формирование кругового массива лопастей (рис. 2.55).

5.Скругление концов лопастей выполняется с помощью операции  **Вытянуть** с удалением материала, выходящего за границы сечения, созданного в виде окружности, касательной к торцевым граням лопастей. После назначения операции следует:

- задать плоскую поверхность базового элемента в качестве плоскости эскиза и сориентировать ее параллельно экрану ();
- сформировать две взаимно перпендикулярные оси симметрии (,) проходящие через начало координат;
- выполнить привязку к одной из торцевых граней с помощью опции *Привязка* контекстного меню;
- сформировать окружность () для контура сечения операции **Вытянуть**, указав точку центра и точку на торцевой грани лопатки;
- установите ограничение касания () окружности к линии привязки (рис. 2.56) и выйти из режима формирования сечения ( ОК);
- в панели операции Вытянуть назначить глубину ( через все), удаление материала () по направлению от центра () и закончить формирование операции скругления торцов лопастей () (рис.2.57).

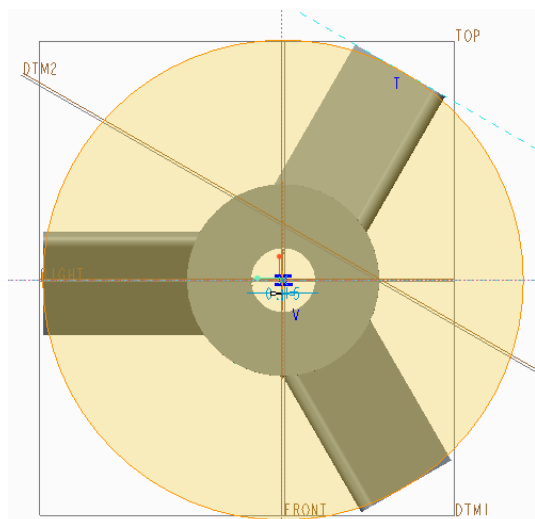


Рис. 2.56. Контур отсечения лопастей

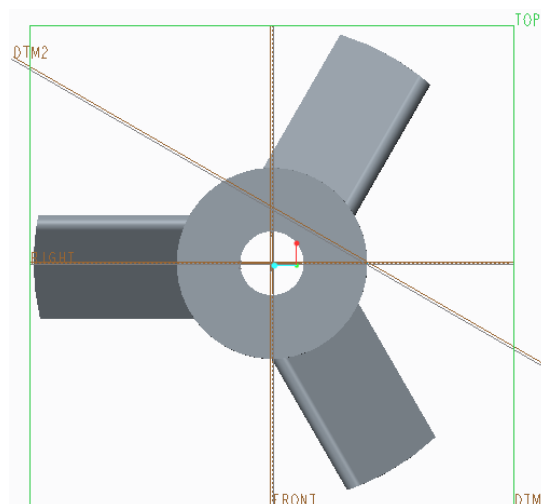
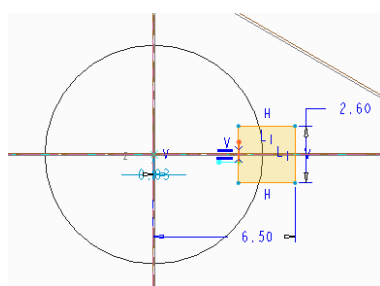
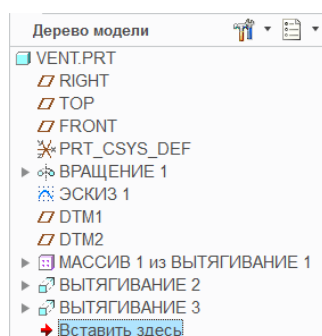


Рис. 2.57. Скругленные торцы лопастей



6. Формирование паза шпонки не требует подробных пояснений, так как этот процесс достаточно


прост. Паз, как элемент модели, также как и скругление лопастей выполняется с помощью операции  **Вытянуть** с удалением материала. При этом можно формировать только одну ось симметрии, проходящую через начало координат, а в качестве контура отсечения следует использовать прямоугольник (рис. 2.58). В результате 3D-модель будет завершена и полностью соответствовать исходному образу вентилятора (см. рис. 2.43), а ее дерево приведено

Рис. 2.58. Сечение паза Рис. 2.59. Дерево модели на рис. 2.59.

2.4. Формирование модели детали “Молоток”

При создании модели детали Молоток “Hammer”, общий вид которой представлен на рис. 2.60, применяются новые методы построения трех ее основных элементов, а именно – методы гладкого сопряжения. Один метод базируется на использовании нескольких параллельных сечений, а другой – развернутых сечений.

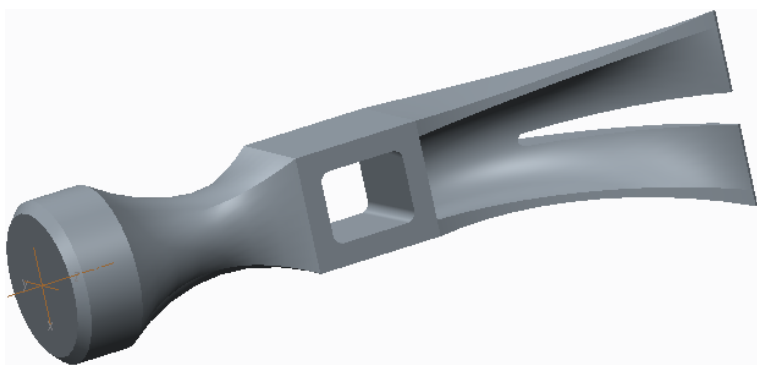


Рис. 2.60. Общий вид детали Молоток

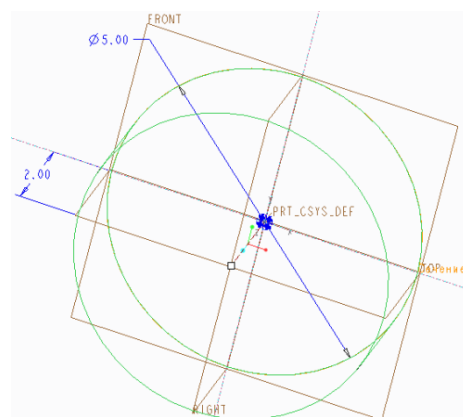



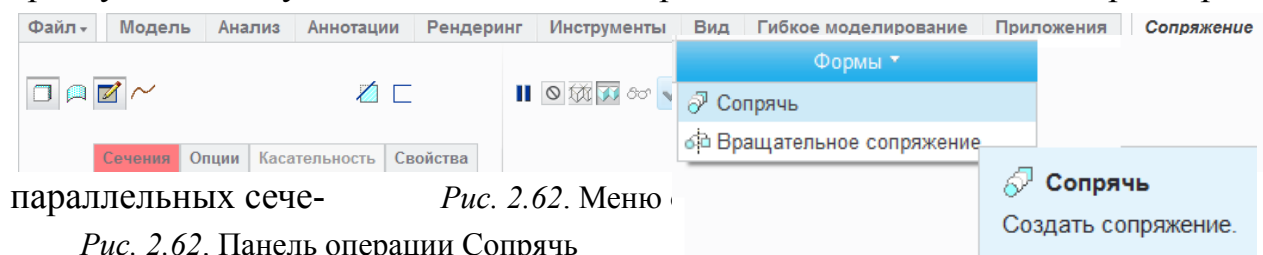
Рис. 2.61. Базовый элемент модели

Началу работы по непосредственному созданию твердотельной модели Hammer, как это делалось ранее (см. пп.1 разделов 2.1 и 2.2), должны предшествовать запуск системы, выбор кнопки Задать, ввод имени создаваемой модели и показ тегов плоскостей.

1. **Первый этап формирования детали** – создание цилиндрического бойка молотка (базового элемента) выполняется с помощью уже хорошо известной операции  **Вытянуть**. В качестве сечения следует использовать окружность диаметром 5, а глубину выдавливания задать 2 см (рис. 2.61).

2. **Формирования плавного перехода цилиндрического бойка в квадратную центральную часть** молотка. Эта часть модели должна создаваться операцией *Сопрячь*, строка которой выводится в меню при

раскрытии области *Формы* ленты *Модель* (рис. 2.62). При выборе этой команды система выводит ее панель (рис. 2.63), в которой следует выбрать красную кнопку *Сечения* для открытия окна задания параметров



параллельных сече-

Рис. 2.62. Меню

Рис. 2.62. Панель операции Сопрячь

параллельные сечения

ний, определяющих форму формируемого элемента. В открывшемся окне *Сечения* следует определиться с общими параметрами первого внутреннего сечения (рис. 2.64), а затем по кнопке *Задать* перейти к подготовке его соз-

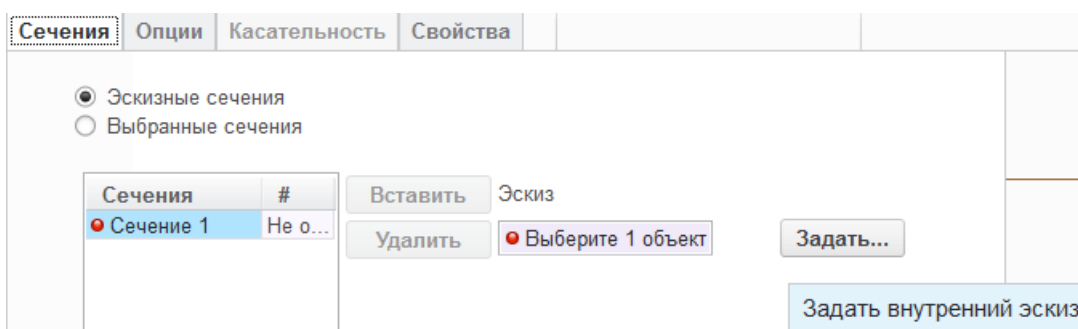



Рис. 2.64. Окно *Сечения* с заданными общими параметрами




дания. При этом необходимо выбрать плоскость и ориентацию эскиза с использованием появившегося окна *Эскиз* (см. рис. 2.15, в) и перейти (после выбора плоскости внутренней части бойка – базового элемента) в режим непосредственного рисования эскиза первого сечения.

Строящийся переход состоит из трех сечений: окружности диаметром 5 мм (основание перехода, соответствующее контуру бойка), окружности диаметром 2,6 мм (самая узкая часть перехода) и квадрата, вписанного в первую окружность (повторяющую внутреннюю часть бойка). Эти сечения должны отстоять друг от друга на расстояние 3 мм, и когда операция сопряжения будет завершена, система сформирует плавный переход от одного сечения к другому

Первое сечение – окружность диаметром 5. Однако необходимо учесть, что для осуществления сопряжения количество примитивов, составляющих каждый контур сечения должно быть одинаковым. В конечном сечении, у квадрата, их 4, поэтому и обе окружности необходимо разделить на 4 равные дуги. Это обеспечивается с помощью двух взаимно перпендикулярных

осевых линий, проходящих через центр окружностей под углом 45° к осям координат и идущих по диагоналям квадрата третьего сечения, который по сути оказывается вписанным в окружность. Таким образом, окружности делят на дуги в точках пересечения с осевыми линиями с помощью операции  **Разделить**.

Итак, для создания описания контура первого сечения необходимо:

- создать четыре осевых линии () , проходящих через начало координат – две совпадающие с плоскостями Top и Right и две взаимно перпендикулярные под углом 45° к осям координат;
- проверить (скорректировать), что угол наклона осевых равен именно 45° ;
- выполнить операцию привязки к контуру бойка (с использованием контекстного меню);
- сформировать окружность () первого сечения с привязкой к контуру бойка;
- разделить () окружность на четыре дуги (рис. 2.65) и выйти из режи-

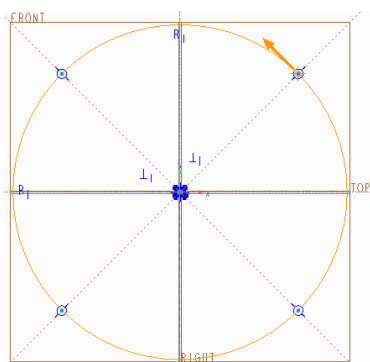


Рис. 2.65. Первое сечение создано

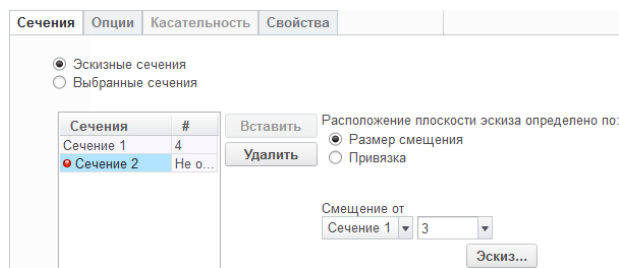

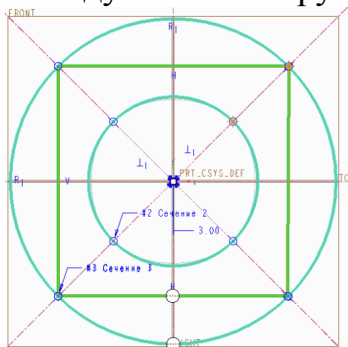


Рис. 2.66. Окно с данными для второго сечения

ма создания сечения (рис. 2.65) с его сохранением ( ОК). При этом система возвращается в панель операции **Сопряжения**, которой необходимо открыть окно **Сечения**, нажать кнопку Вставить для обеспечения ввода нового, второго, сечения и задать значение его смещения в 3 мм относительно первого (рис. 2.66) и перейти к созданию для него эскиза по кнопке **Эскиз**. Создание сечения в виде совокупности дуг малой окружности, выполняется



аналогично первому сечению. Только при этом не обязательно формировать 2 оси координат и вместо осуществления привязки необходимо скорректировать размер диаметра формируемой окружности (2,6 мм). В результате перед выходом из эскиза должно быть получено изображение, представленное на рис. 2.67. Следует отметить, чтобы формируемый переход не получался “скрученным”, необходимо согласованно определять в различных сечениях точки разделения и их порядок. Направление описания примитивов определяется вспомогательной стрелкой.

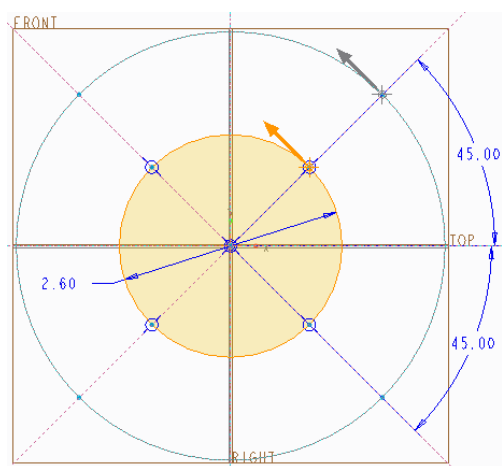



Рис. 2. 67. Создано два эскиза сечения
Сопряжения

Рис. 2. 68. Создано все 3 сечения

Последнее квадратное сечение следует формировать с помощью функции создания полилинии, которая в структуре данных представляется совокупностью отрезков, но предварительно необходимо нарисовать все оси. Сформировав все сечения (рис. 2.68) можно предварительно посмотреть результат операции плавного сопряжения параллельных сечений или сразу же завершить ее (рис. 2.69), введя .

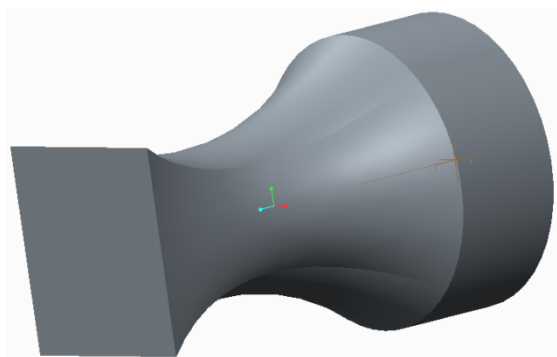


Рис. 2. 69. Построен элемент сопряжения

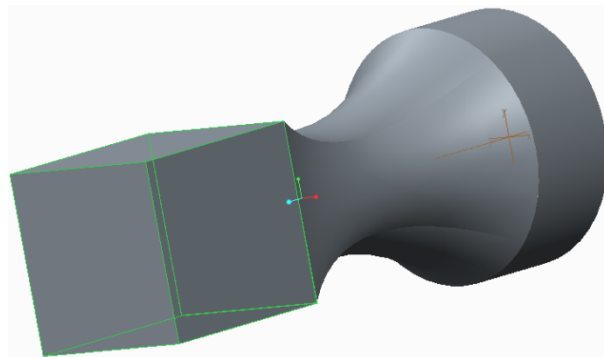


Рис. 2. 70. Построен центральный элемент

3. Формирование центрального элемента молотка осуществляется операцией **Вытянуть** квадратного сечения, эскиз которого создается в

плоскости поверхности последнего сечения сопряжения. Квадрат должен точно совпадать по размерам с этим сечением. Однако сделать привязки эскиза к сечению квадрата система не позволит, поскольку весь элемент сопряжения она воспринимает как один объект. Поэтому эскиз сечения создается как квадрат, вписанный в окружность контура бойка. Для этого и эта окружность контура, и угловые точки квадрата указываются в качестве привязки, а затем созданное сечение вытягивается на 4 см (рис. 2.70).

4. **Формирование хвостовой части молотка** осуществляется на основе операции **Вращательное сопряжение**, строка вызова которой появляется в меню при раскрытии области **Формы** ленты **Модель** (см. рис. 2.62). При выборе этой команды система выводит ее панель (рис. 2.71), в которой следует выбрать красную кнопку **Сечения** для открытия окна задания параметров сечений, определяющих форму формируемого элемента. В открывшемся окне **Сечения** (рис. 2.72) следует определиться с общими параметрами первого внутреннего сечения, а затем по кнопке **Задать** перейти к подготовке его создания. При этом необходимо выбрать свободную (оконечную) грань центрального элемента молотка и сориентировать плоскость эскиза с использованием появившегося окна Эскиз (см. рис. 2.15, в) так, чтобы взгляд пользователя был направлен на окончное квадратное сечение. После этого можно перейти в режим непосредственного рисования эскиза первого сечения. Сечение должно формироваться из шести

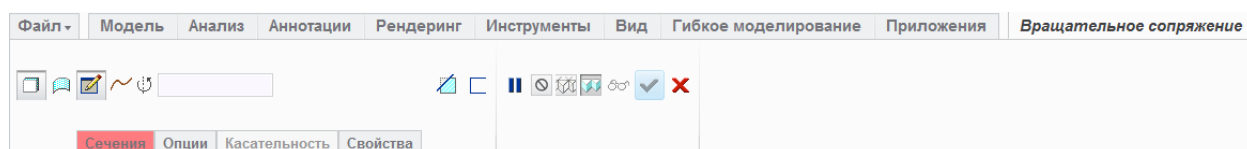


Рис. 2.71. Панель операции **Вращательное сопряжение**

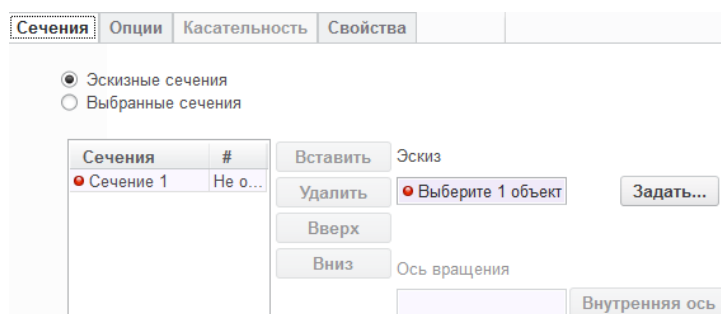


Рис. 2.72. Окно **Сечения** с общими параметрами

графических примитивов (пяти отрезков и одной дуги), которые должны строго последовательно создаваться, чтобы образовать замкнутый контур. В этой связи и все последующие контура сечений должны состоять из 6

при-митивов. Перед формированием сечения необходимо осуществить привязку ко всем четырем сторонам квадрата основания центрального элемента, доба-

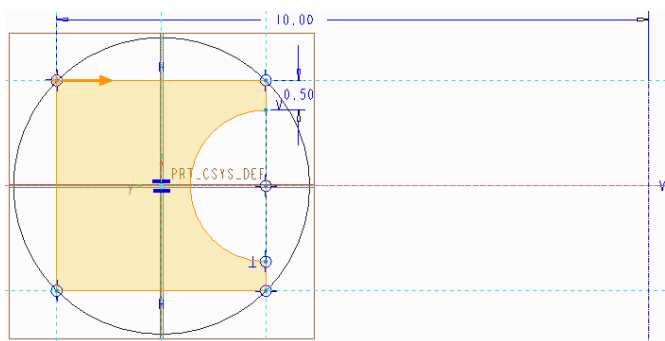


Рис. 2.73. Первое сечение с линиями привязки, двумя осями и параметрами

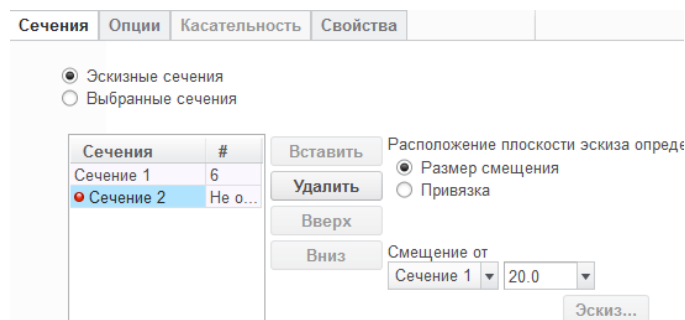




Рис.2.74. Окно **Сечения** с параметром смещения (поворота) второго сечения от первого на 30°

вить в эскиз горизонтальную и вертикальную оси симметрии квадрата и нарисовать вертикальную опорную ось вращения формируемых сечений, используя опцию  **Осевая линия**, находящуюся в области *Опорный элемент* ленты *Модель*. После создания контура сечения следует скорректировать все размеры – и самого сечения, и расстояние (10 см) от вертикальной оси симметрии (начала координат) до оси вращения (рис. 2.73).

При выходе из эскиза ( ОК) система вернется к панели операции, а в окне **Сечения** (рис. 2.74) будут отражено количество сегментов в первом сечении и станет активно второе сечение. Для него следует задать угол разворота (30°) по отношению к первому и перейти к определению формы второго сечения вращения по кнопке **Эскиз**. Оно создается на фоне уже созданного образа первого. Следует обратить внимание, что при входе в режим эскиза для обеспечения постоянного радиуса поворота формируемых сечений система на экране проецирует вспомогательную ось, которая соответствует повернутой в пространстве вертикальной оси симметрии. С учетом положения этой оси и должен формироваться образ второго сечения (рис. 2.75). При завершении второго сечения система представляет их в виде

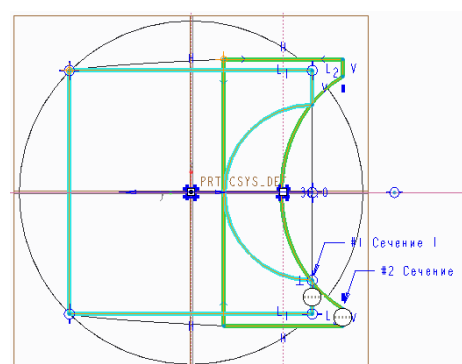
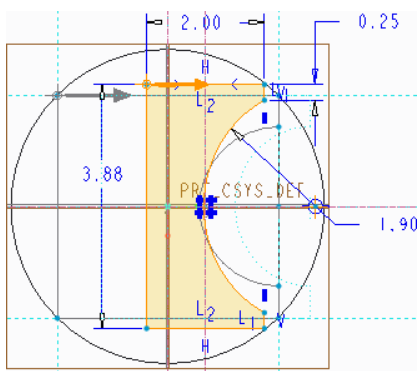




Рис. 2.75. Эскиз второго сечения с привязкой Рис.2.76. Расположение двух сечений
рис. 2.76, а при открытии окна **Сечения** в нем отображается количество сег-ментов в созданном описании сечения. Для формирования следующего сечения (см., например, рис. 2.74) требуется нажать кнопку **Вставить**, чтобы сделать активным третье сечение, ввести его угол поворота относительно предыдущего (30^0) и перейти в режим создания его эскиза по кнопке **Эскиз**.

Контур третьего сечения создается на основе выведенной вспомогательной осевой из 6 отрезков (рис. 2.77), сформировав предварительно горизонтальную и вертикальную, совпадающую со вспомогательной линией, осевые для построения симметричной фигуры. Создавать этот контур проще, используя функцию формирования симметричного прямоугольника () , а затем его правую сторону делят на 3 отрезка (). После выхода из режима эскиза имеем образы трех сечений, представленные на рис. 2.78.

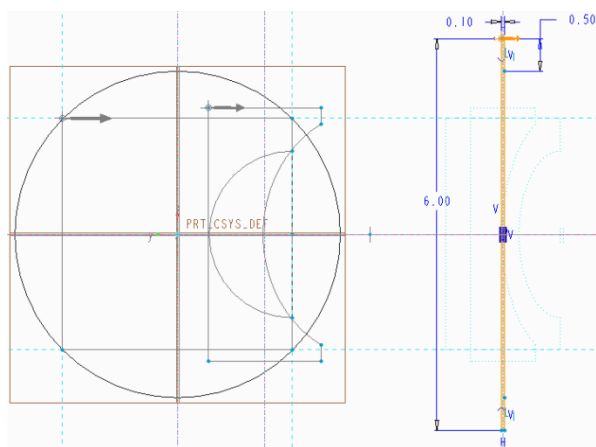


Рис. 2.77. Эскиз третьего сечения

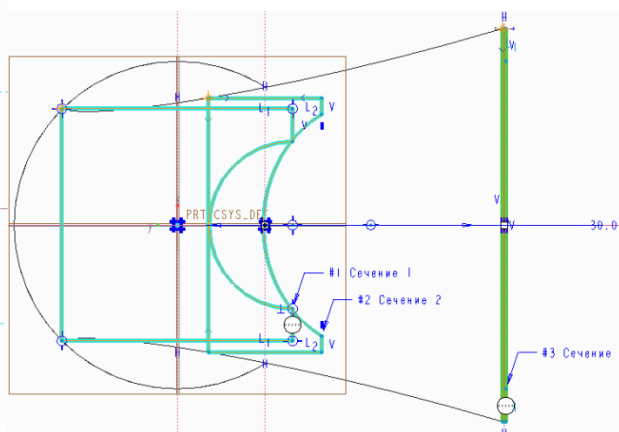


Рис.2.78. Расположение трех сечений

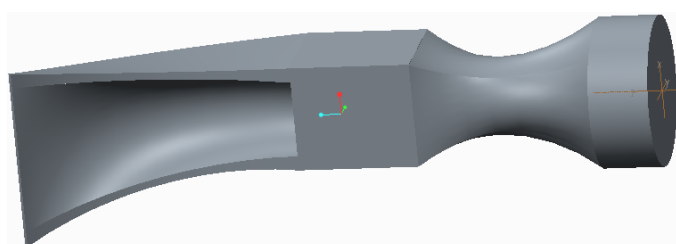






Рис. 2.77. Модель после операции Вращательное сопряжение

Завершается операция ли-бо с использованием
предва-рительного просмотра () , ли-бо сразу (рис. 2.79 при вводе ).

5. **Построение прорези гвоздодера и фаски бойка** осуществляется уже хорошо известными операциями. Прорезь выполняется операцией **Вытянуть** сечение (рис. 2.78, а), созданное в плоскости, определяемой поверхностью средней части молотка, имеющей форму куба. Операция должна осуществляться (рис. 2.78, б) в нужную сторону до пересечения со всеми поверхностями () и с удалением материала ().

Операция **Фаска кромки** () у бойка выполняется в соответствии с 2.2,

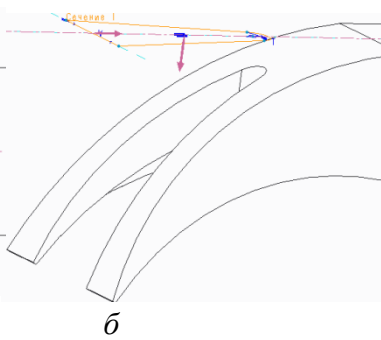
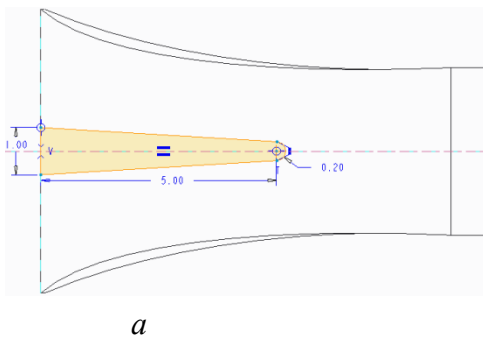


Рис. 2.78. Формирование прорези гвоздодера:

а – эскиз сечения; б – предпросмотр прорези

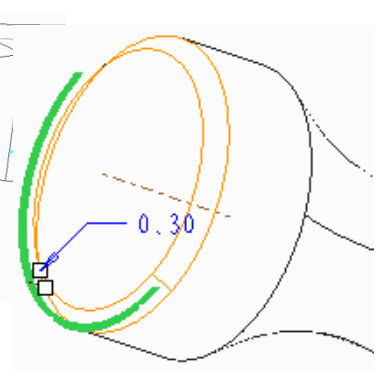



Рис.2.79. Фаска бойка

п.5 (см. с. 39) с параметрами 45×0.3 см (рис.2.79).

6. Создание посадочного выреза для ручки молотка. Он создается с помощью уже известной нам операции *Сопрячь*, с помощью которой осуществлялось формирования плавного перехода цилиндрического бойка в квадратную центральную часть молотка (см. 2.4, п.2). Однако на этот раз эта операция должна выполняться с удалением материала () и определяться двумя сечениями прямоугольной формы, но разных размеров, расположенных по разную сторону средней кубоидной части молотка. Начальные действия соответствуют ранее описанным в 2.4, п.2 и здесь не приводятся, а в качестве плоскости эскизов сечений выбирается грань куба, расположенная со стороны ручки, и в ней формируется малый контур (рис. 2.80, а). Затем создается второе, большее, сечение (рис. 2.80, б) на расстоянии 4 см от первого (что несколько больше толщины куба).

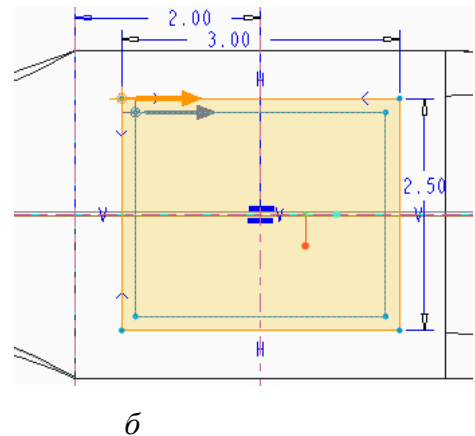
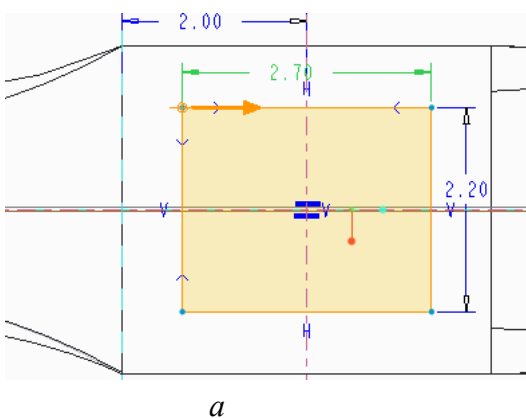


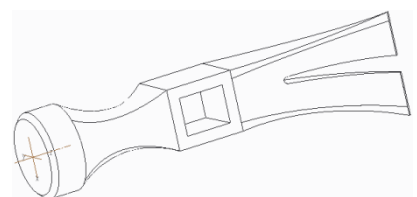


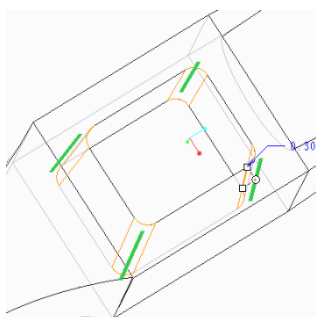
Рис. 2.80. Сечения посадочного отверстия ручки молотка


Когда сечения готовы, необходимо убедиться () в правильности формирования выреза (Рис. 2.81) и выйти из операции ().

В завершении создания выреза для ручки и, в



целом, модели молотка следует скруглить радиусом 0,3 см его внутренние ребра. Для этого



необходимо вызвать операцию  **Скругление** в области *Проектирование* ленты **Модель** и в ее панели (см. рис. 2.35) задать постоянный радиус скругления, а в качестве набора скругляемых переходов выбрать (с нажатой клавишей Ctrl) кромки выреза (рис. 2.82). После завершения этой

операции модель молотка

Рис. 2.82. Выбор кромок будет завершена и соответствовать рис. 2.60.

2.5. Создание модели детали “Вешалка”

В процессе построении модели детали Вешалка (“Hanger”), изображенной на рис. 2.83, используются различные методы создания ее элементов путем перемещения контуров вдоль заданной траектории. Рассматриваются такие новые операции, как построение тел методом развертки с использованием перемещения замкнутого контура и построение элементов

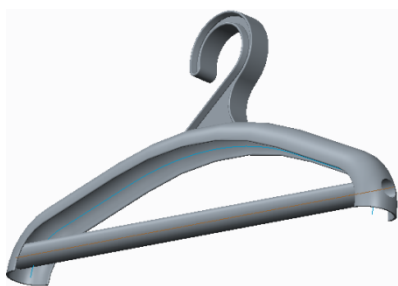



Рис. 2.83. Деталь “Вешалка” контуров и сечений с использованием конструктивных ограничений.

1. **Создание базового элемента детали** – плечиков осуществляется после загрузки системы, задания имени формируемой модели и выбора операции  **Протянуть** в области *Формы* ленты **Модель**.

Первым элементом выполняемой детали является твердое тело, получаемое путем перемещения контура ее сечения вдоль задаваемой линии траектории. В такой операции могут использоваться как замкнутые, так и разомкнутые линии траектории. Однако при создании твердых тел должен использоваться только замкнутый контур.

В рассматриваемом случае построение тела выполняется перемещением замкнутого сечения по незамкнутой траектории. Прежде всего строится эскиз траектории. Для этого в панели **Протянуть** (рис. 2.84) следует последова-

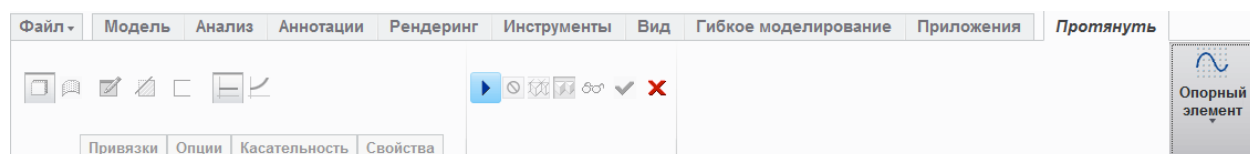




Рис. 2.84. Панель операции **Протянуть**

тельно выбрать **Опорный элемент**,  **Эскиз** и в открывшемся окне **Эскиз** определиться с плоскостью формирования траектории (например, Front) и ее ориентацией (). Далее строится траектория требуемой формы (рис. 2.85).

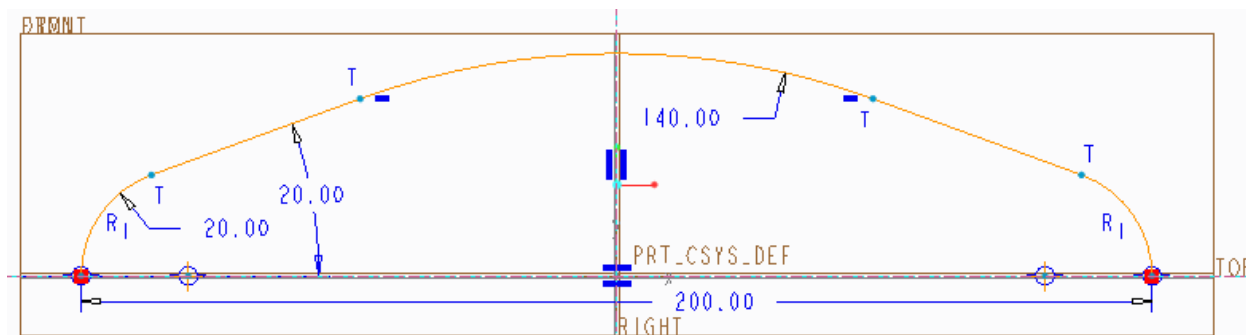


Рис. 2.85. Эскиз траектории базового элемента модели Вешалка

В соответствии с рис. 2.85 траектория перемещения должна представлять собой симметричную относительно вертикальной оси фигуру, состоящую из трех дуг и двух отрезков. Пусть радиус краевых дуг будет 20, а центральной дуги 140. Угол наклона линий плечиков относительно горизонта – 20° , а габаритная длина фигуры – 200. Все элементы должны быть связаны условиями касания.

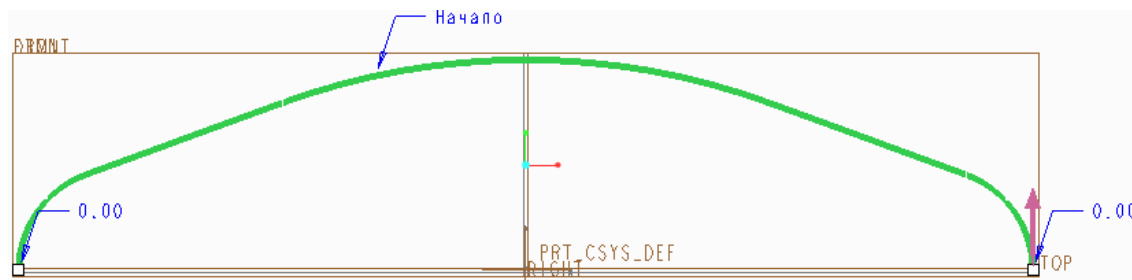






Рис. 2.86. Сформированная траектория базового элемента модели Вешалка

При завершении эскиза () снова выводится панель операции **Протянуть** (рис. 2.84) и следует продолжить ее выполнение () , выбрав в ее панели опцию () **Создать или править сечение протягивания**. Опять выводится панель **Эскиз**, и с помощью выбора опции  **Вид эскиза**, находящейся в области **Подготовка**, осуществляется автоматический выбор плоскости эскиза (Top) и ее ориентация так, чтобы плоскость формируемого в ней сечения была перпендикулярна линии траектории в ее начальной точке. При этом эта точка начала на эскизе, к которой необходимо привязать сечение, отмечается крестиком и вертикальной пунктирной линией.

Сечение (рис. 2.87) состоит из двух concentric полуокружностей с центром в начальной точке траектории и связывающих их по краям двух

других касательных полуокружностей. Радиусы концентрических полуокружностей составляют соответственно 9 и 10 мм.

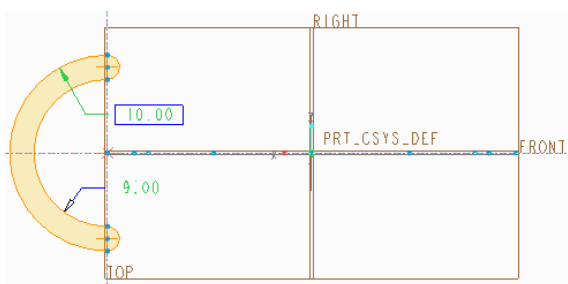


Рис. 2.87. Сечение базового элемента

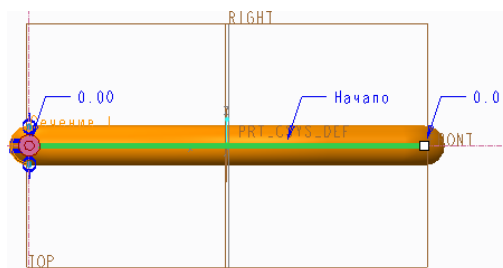



Рис. 2.88. Предпросмотр базового элемента

При завершении эскиза (✓) система возвращает панель операции с уже установленным в ней режимом предварительного просмотра (В панели параметров ) и с соответствующим изображением базового элемента (рис. 2.88). После завершения операции (✓) базовый элемент вешалки можно представить в более удобном виде (рис. 2.89).

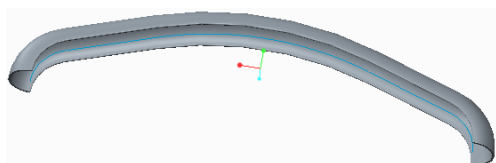


Рис. 2.89. Плечики вешалки

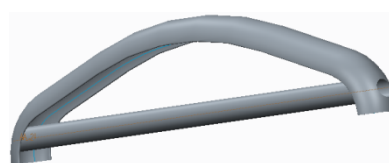


Рис. 2.90. Перемычка в плечиках

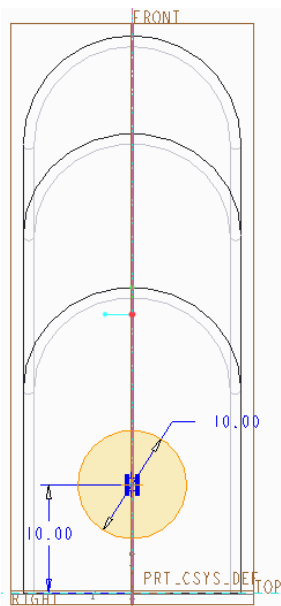




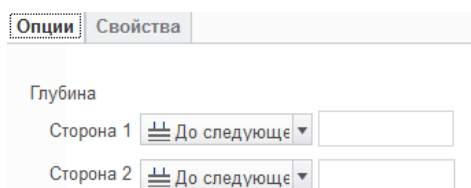






Рис. 2.91. Сечение внешней перемычки

2. **Создание перемычки**, которая обеспечивает жесткость плечикам вешалки (рис. 2.90). С целью экономии материала перемычка должна выполняться в виде полый трубки, соединяющей края базовой детали. Очевидно, что она должна состоять из двух элементов: цилиндрической детали и сквозного концентрического отверстия, проходящего через этот цилиндр и базовую деталь. За один прием создать такой объект нельзя из-за необходимости прохождения отверстия сквозь базовую деталь. В рамках операций  **Вытянуть** эскизы сечений обоих элементов строятся в базовой опорной плоскости Right с использованием осевой, совпадающей с плоскостью Front (рис. 2.91). Вытягивание обоих сечений осуществляется в обе стороны, причем внешнего – с добавлением материала и до

следующей поверхности () , а внутреннего – с удалением материала () и через все поверхности () . При этом опцию *Глубина*



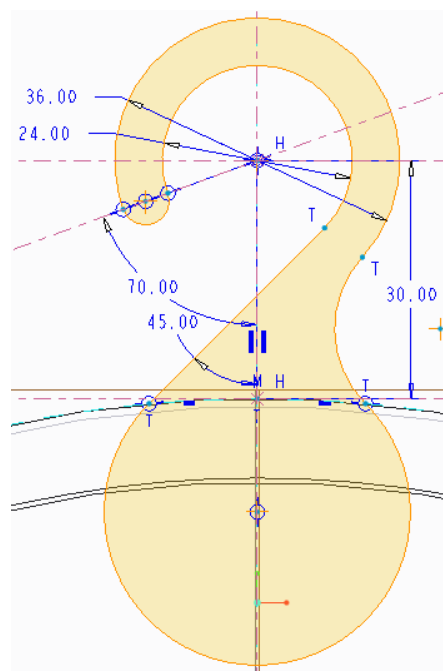
необходимо задавать в обе стороны (рис. 2.92) направления вытягивания. Диаметр внут-реннего сечения для отверстия в перемычке можно сделать 8 мм.


3. **Создание крючка**, наиболее сложного элемента конструкции, строится, как и плечи- *Рис. 2.92*. Задание опции Глубина ки операцией  **Протянуть**, при которой, зам-кнутый контур перемещается по замкнутой траектории (рис. 2.93) с последующим заполнением внутреннего пространства контура траектории с помощью дополнительных процедур. После вывода панели операции последовательно выбрать **Опорный элемент**,  **Эскиз** и в открывшемся окне **Эскиз** определяются с плоскостью формирования траектории. В качестве ее выбирается Front, ориентируемая по умолчанию, но параллельно плоскости экрана (). В случае, если ориентацию модели на плоскости эскиза пользователь хочет изменить, он может выбрать опцию  **Настроить эскиз**, расположенную в поле *Настроить* ленты **Эскиза**, и далее в окне **Эскиз** переориентировать модель.

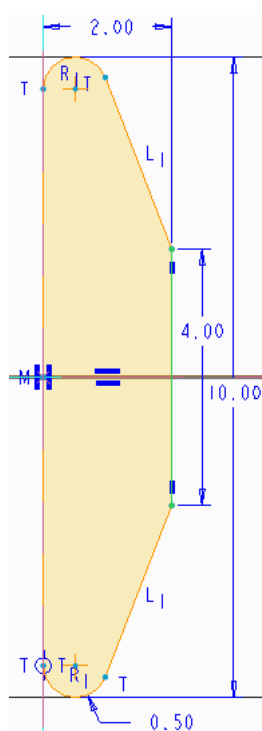
Для корректного задания контура траектории необходимо прежде всего выбрать в качестве привязки эскиза верхнюю дугу поверхности базовой детали (в режиме **Модель**).

Траектория сечения определяется дугами и отрезками, связанными условиями касания. Кроме того, радиус дуги, проходящей через базовую деталь, необходимо сделать больше радиуса внешней дуги крючка. Последова-тельность рисования контура траектории, раз-меры которого представлены на рис. 2.93, мо-жет быть любой. Например, для начала строят-ся вертикальная ось и вспомога-тельные гори-зонтальные оси: касательная к плечикам (по линии привязки), линия параллельная первой и на расстоянии 30 мм от нее и третья – под углом 70° к вертикали.

Далее можно построить две окружности диаметрами 36 и 24 мм на высо-, *Рис. 2.93*. Траектория крючка
соте 30 мм от касательной с центрами на пересе-



чении вертикальной и наклонной дугой касания так, чтобы концы и центр дуги находились на наклонной вспомогательной линии. Далее отрезком под углом в 45° соединяют по касательной внутреннюю окружность и линию контура плечиков. После этого строится нижняя дуга по касательной к отрезку с центром, располагаемом на вертикальной оси, и дуга, замыкающая контур, которая должна касаться и нижней дуги, и верхней, большой, окружности. Затем обе окружности делятся на дуги в точках касания. После всех построений, корректировки размеров и условий сопряжения удаляются лишние линии и выходят  из режима формирования траектории, определяющей форму крючка. Система возвращается в панель операции









Протянуть и следует продолжить ее выполнение, выбрав опцию  **Продолжить** приостановленную операцию на время создания эскиза траектории. После этого можно выбрать опцию  **Создать или править сечение протягивания**. Система снова возвращается в режим формирования эскиза, предоставляя панель, в которой можно сориентировать плоскость эскиза параллельно экрану (). Эта плоскость (Top) выбирается системой автоматически – она перпендикулярна созданной траектории в ее начальной точке. Эта точка отмечается на выведенном эскизе модели крестиком и вертикальной пунктирной линией. В текущем режиме эскиза следует создать сечение протягивания в виде замкнутого контура (рис. 2.94), привязанного своей длинной стороной к вертикальной пунктирной линии (к начальной точке траектории), а его короткая (противоположная) сторона должна быть обращена внутрь контура траектории.

Рис. 2.94. Сечение При завершении контура протягивания и выходе из контура эскиза () в панели должна быть установлена опция 

Протянуть как твердое тело и при  **Предпросмотре**

убедиться в правильности созданного элемента и сохранить его  (рис. 2.95) завершив операцию.

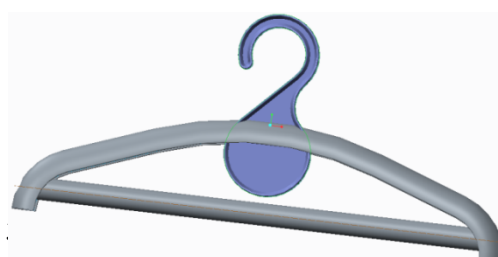
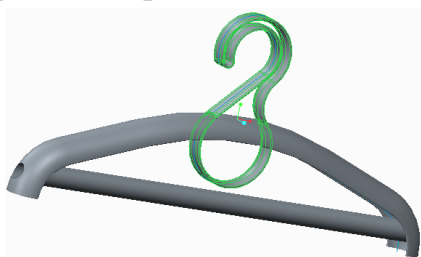

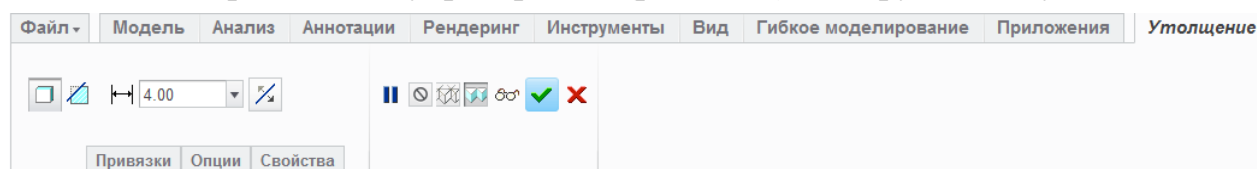


Рис. 2.95. Внешнее тело крючка


Рис. 2.96. Сформированный крючок вешалки



Так как сформированная модель крючка не обеспечивает надежность эксплуатации вешалки, контур его траектории необходимо заполнить материалом. Для этого в дереве модели необходимо выбрать строку Эскиз 2, соответствующую траектории, а в панели **Модель** в области **Поверхности** опцию  **Заполнить**, что приведет к созданию твердотельной тонкой плоской поверхности внутри крючка (рис. 2.96), которую надо утолстить до



4 мм

Рис. 2.97. Панель операции **Утолщение**

в соответствии с шириной внутреннего ребра сечения крючка. Для этого следует в **дереве Модели** выбрать строку **Заполнение 1**, а затем обратиться к операции  **Утолстить**, кнопка которой находится в области **Правки** панели **Модель**, что приведет к выводу панели этой операции (рис. 2.97).

В поле толщины следует скорректировать ее значение в соответствии с расстоянием между свободными концами сечения, а с помощью опции  **Разворота направления геометрии** установить условие расширения материала в обе стороны (рис. 2.98) и завершить  операцию.

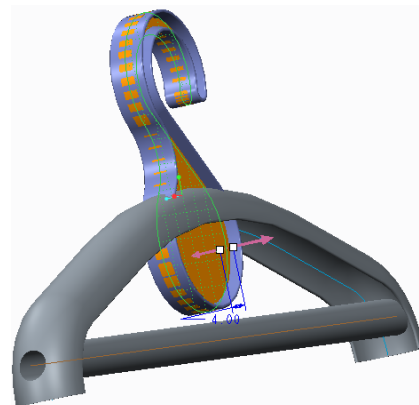


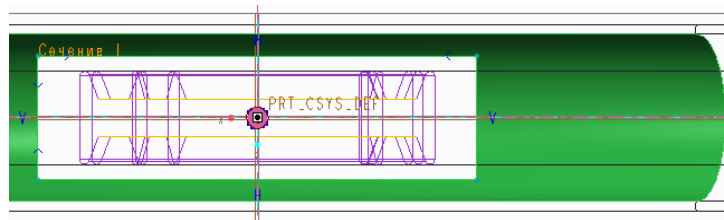
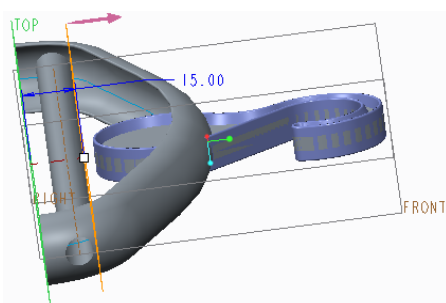


Рис. 2.98. Задание толщины

4. **Удаление излишка**, появившегося внутри вешалки из-за особенностей построения крючка, обеспечивается с помощью хорошо освоенной операции  **Вытянуть** в режиме удаления материала с опцией **До ближайшей поверхности**. Излишек необходимо удалить с внутренней стороны базовой детали заподлицо с ее внутренней полукруглой поверхностью. На данный момент нет опорной плоскости, от которой можно осуществить такие действия, и поэтому ее необходимо задать операцией  **Плоскость**, опция которой находится в области **Опорный элемент** ленты **Модель**. Она строится параллельно плоскости **Тор** со смещением в сторону





крючка на 15 мм (рис. 2.99), что задается в окне Опорная плоскость. После этого обращаются к операции  **Вытянуть**, и на сориентированной вспомогательной плоскости формируют прямоугольный контур выреза, симметричный относительно плоскостей Right и Front. Размеры контура могут быть любыми, но он должен охватывать “хвост” и располагаться целиком внутри проекции одного сегмента внутренней поверхности базовой детали (рис. 2.100). Первое требование гарантирует полное удаление ненужного материала, а второе обеспечивает возможность корректной ссылки на поверхность, ограничивающую вырез (). Недопустимо, чтобы контур выреза проецировался не на один, а на большее количество ограничивающих вырез сегментов (участков) поверхности плечиков. В подобных случаях будет происходить некорректное, с точки зрения пользователя, удаление материала детали, так как система обеспечивает удаление материала только до поверхности, определяемой одним сегментом, который выбирает пользователь.


Рис. 2.100. Сечение контура для удаления “хвоста”

крючка до выделенной поверхности сегмента

Рис. 2.99 Задание опорной плоскости плечиков (окрашенная часть)

После завершения операции удаления “хвоста” будет завершено построение модели, полностью соответствующей детали вешалки (см. рис.2.83).

2.6. Создание пружины кручения

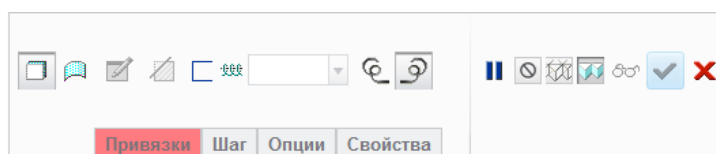
В процессе построении модели Пружины кручения (“Torsion_Spring”), изображенной на рис. 2.101, наряду с уже известным методом создания ее элементов путем перемещения контуров вдоль заданной траектории используется новая операция  **Протягивание по спирали**. Пропуская начальные действия по запуску системы и заданию имени формируемой твердотельной модели Spring, обратимся к непосредственному созданию ее базового элемента *Спираль*.



1. **Создание спирали.** Для этого в области *Формы*

панели **Модель** последовательно выберем **Протянуть**

Рис. 2.101. Пружина => **Протягивание по спирали** (рис. 2.102), что приведет



кручения к появлению панели задания параметров соответствующей операции

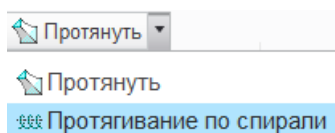
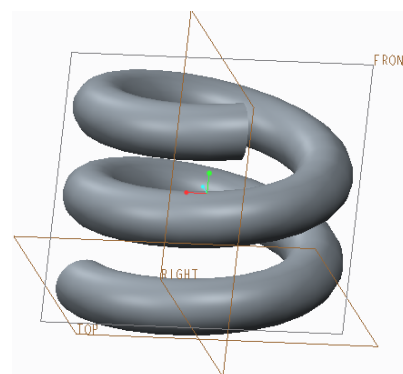
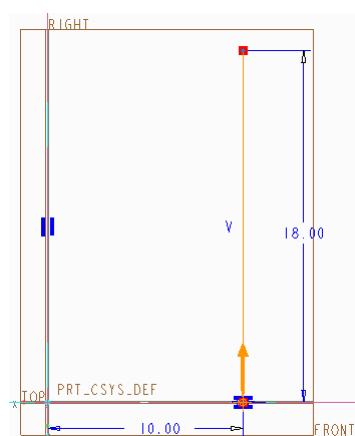


Рис. 2.102. Выбор операции Рис. 2.103. Панель операции **Протягивание по спирали** (рис.2.103).

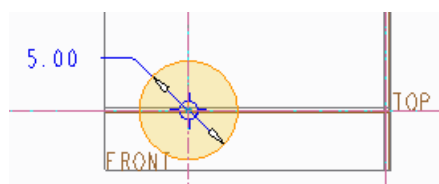
Далее следует поступать, как при выполнении обычной операции протягивания сечения, которая подробно описывалась при формировании плечиков и крючка во время создания модели Вешалка. Отличие в том, что траектория спирали в плоскости Front в этой операции представляется вертикальным отрезком, смещенным относительно оси (рис. 2.103, а), а сечение спирали, создаваемое на втором шаге, – окружность (рис. 2.103, б). Кроме того, в операцию введен новый параметр – шаг спирали, который должен быть равен 8 мм, чтобы создавалось точно 2,25 витка (рис. 2.103, в). Шаг должен быть скорректирован в панели параметров панели операции перед предварительным просмотром (☞) результата или до завершения



операции (✓).




а



б

в

Рис. 2.103. Формирование базового элемента пружины: а – траектория спирали; б – сечение спирали; в – сформированная модель спирали

2. **Пристыковка и первого, и второго хвостов** к базовому элементу выполняется с помощью операции  **Протянуть**, которая уже должна быть хорошо освоена.

Для создание первого хвоста в качестве плоскости эскиза траектории следует выбрать плоскость **Тор**, и нарисовать траекторию (рис. 2.104, а), состоящую из двух отрезков и дуги. Она должна быть привязана к центру се-

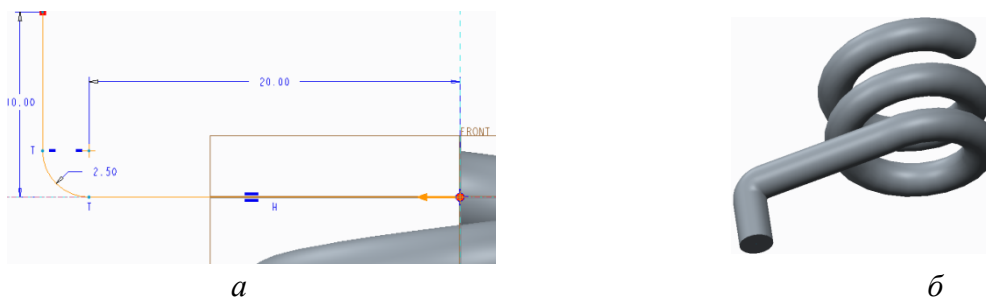




Рис. 2.104. Формирование первого хвостового элемента:

а – траектория хвоста; б – базовый элемент пружины с хвостом

чения спирали, через который проводятся две взаимно перпендикулярные оси. Протягиваемое сечение – окружность диаметром 5 мм. Результат первой операции протягивания представлен на рис. 2.104, б.

Формированию хвоста на втором конце спирали должно предшествовать создание вспомогательной плоскости ( **Плоскость**), опция которой находится в области **Опорный элемент** ленты **Модель**. Она строится параллельно плоскости **Тор** со смещением 18 мм, чтобы на ней оказался центр сечения второго конца спирали. Только после этого можно обращаться к операции  **Протянуть**, и использовать эту вспомогательную плоскость DT2 в качестве плоскости сечения строящегося эскиза траектории (рис.

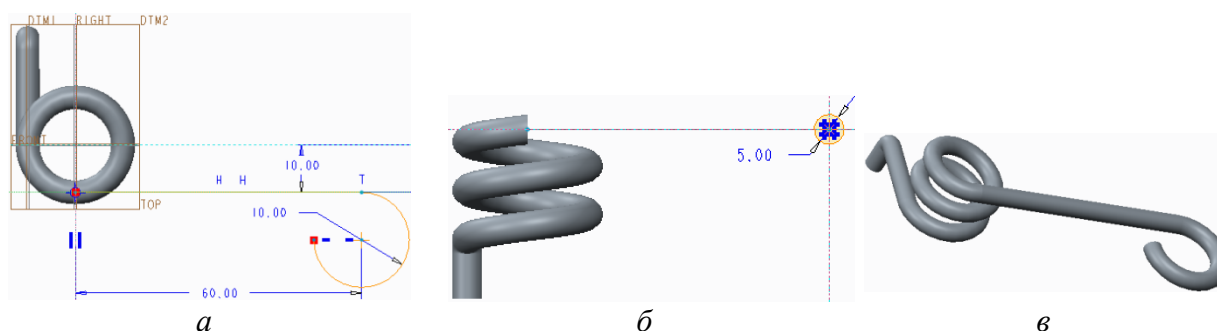




Рис. 2.105. Формирование второго хвостового элемента:

а – эскиз траектории хвоста; б – эскиз сечения; в – результат операции


2.105, а). Эскиз сечения, протягиваемого по сформированной траектории представлен на рис. 2.105, б и, как и все элементы пружины, имеет диаметр 5 мм, а результат обеих операций протягивания представлен на рис. 2.105, в.

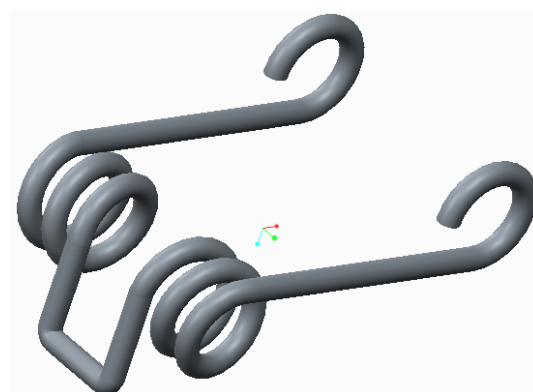
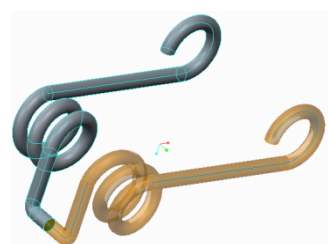
3. Завершение модели Пружины кручения обеспечивается операцией

 **Зеркльное отражение**, опция которой находится в области *Правка* панели *Модель*. Особенностью операции является то, что необходимости включать в копируемый объект все ранее сформированные элементы модели. Для ее корректного выполнения операции лучше выделить строку с именем детали (Torsion_Spring) в *Дереве модели*, а не осуществлять множительный выбор всех входящих в него элементов.

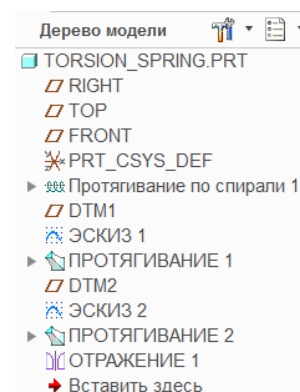
После выделения имени модели и вызова операции  **Зеркльное отражение** необходимо мышью в качестве плоскости отражения указать торцевую поверхность первого хвоста модели. В результате будет появиться фантом пружины (рис. 2.106), полностью соответствующий де-тали Пружина (см. рис. 2.101). На этом операцию

мож-

Рис. 2.106. Фантом но завершить . Сформированная модель Пружины кручения и соответствующее ей Дерево представлены на рис. 2. 107.



а



б

Рис. 2.107. Модель пружины кручения (а) и ее Дерево (б)

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СИСТЕМА CREO PARAMETRIC 2.0	3
1.1. Интерфейс системы	3
1.2. Средства формирования и редактирования сечений конструктивных элементов	6
1.2.1. Инструменты формирования эскизов	7
1.2.2. Средства редактирования эскизов	10
1.3. Рекомендуемые правила формирования эскизов в параметрической	

Системе Creo Parametric 2.0	16
1.4. Особенности формирования объемных деталей в системе Creo Parametric 2.0	17
1.5. Дерево модели	19
1.5.1. Опции дерева модели.	20
1.5.2. Переименование элементов дерева	21
1.5.3. Редактирование элементов модели детали	21
1.6. Средства управления положением и масштабом модели	23
1.7. Рабочие каталоги (папки) и сохранение результатов работы	24
2. СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ 3D-ОБЪЕКТОВ	25
2.1. Создание модели простого тела Block	25
2.2. Формирование модели детали Опора с применением характерных операций, используемых при создании большинства моделей	32
2.3. Создание модели детали “Вентилятор”	40
2.4. Формирование модели детали “Молоток”	46
2.5. Создание модели детали “Вешалка”	54
2.6. Создание Пружины кручения	60

Лячек Юлий Теодосович

Геометрическое моделирование

Учебное пособие

Редактор Э. К. Долгатов

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16.	Бумага офсетная.
Печать цифровая.	Гарнитура “TimesNewRoman”.	Печ. л. 4,0.
Тираж	экз.	Заказ

Издательство СПбГЭТУ “ЛЭТИ”
197376, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5