

## Лабораторная работа № 9

### Создание 3D-модели

**Цель:** изучение основных команд построения трехмерных моделей.

**Содержание:** создание трехмерной модели, состоящей из простых графических примитивов.

#### 5.1 Общие сведения

Общим принципом твердотельного моделирования является выполнение над телами булевых операций: объединения, вычитания и пересечения.

Принцип формообразования объемных геометрических элементов определяется перемещением в пространстве плоской фигуры, называемой эскизом. В зависимости от вида перемещения – прямолинейное, вращательное или криволинейное – образуются соответствующие тела. Так, прямолинейное перемещение порождает призмы, пирамиды, цилиндры или конусы. Вращением плоской фигуры создаются тела вращения. Криволинейное перемещение позволяет создавать тела, ограниченные сложными криволинейными поверхностями. Создавая различные формы эскизов, а также комбинируя различные перемещения, можно создавать тела практически произвольной формы.

После построения 3D-модели детали можно получить ее чертеж. Для этого нужно указать необходимые виды, провести линии разрезов и сечений. Чертеж создается в автоматизированном режиме.

#### 5.2 Основные элементы интерфейса 3D-моделирования

Основные элементы интерфейса 3D-моделирования во многом аналогичны элементам интерфейса при 2D-моделировании. Имеются и отличия. Так, состав компактной панели существенно отличается. Добавлена новая панель – **Дерево построения** (рис. 5.1). В ней отражается весь процесс построения модели. В состав **Инструментальных панелей** и **Главного меню** введены команды, необходимые для трехмерного моделирования.

Процесс формообразования трехмерной модели начинается с ее первого фрагмента – основания. Основание может быть создано одним из четырех способов: выдавливанием, вращением, кинематически и по сечениям.

Создание основания начинается с эскиза, который располагается в одной из координатных плоскостей: **Фронтальной**, **Горизонтальной** или **Профильной**. Других плоскостей пока нет. Выбор плоскости зависит от ориентации детали в пространстве. В дальнейшем, при формировании других элементов модели, эскиз может выполняться также на гранях модели или вспомогательных плоскостях.

В процессе формировании модели возникает необходимость в изменении ее ориентации в пространстве. Для вызова нужной команды выберите ее название из меню **Вид** или нажмите кнопку  **Ориентация** на инструментальной панели **Вид**. В первом случае возможность изменения текущей ориентации на стандартную или пользовательскую предоставляет диалоговое окно, показанное на рис. 5.2.

Другой способ задания нужной ориентации модели заключается в выборе команды из меню кнопки  **Ориентация** (рис. 5.3).

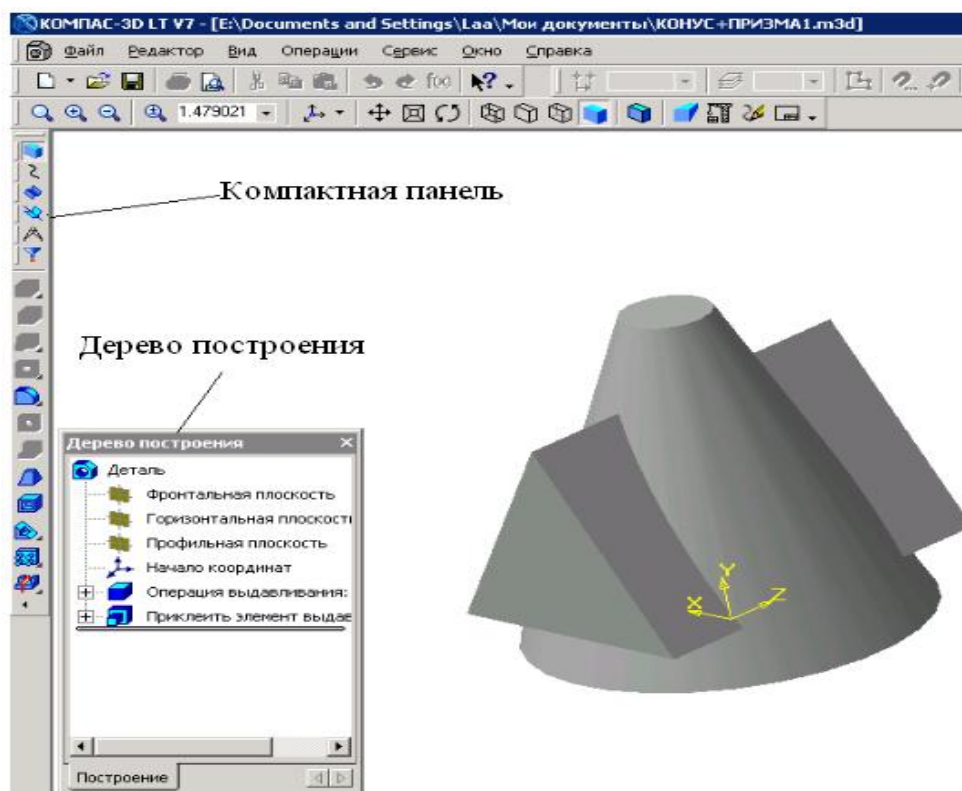


Рис.5.1. Главное окно КОМПАС при создании документа **Деталь**

В системе КОМПАС имеется несколько типов отображения модели (рис. 5.4).

Нужная команда, управляющая режимом отображения, выбирается из меню **Вид-Отображение** или нажатием кнопки соответствующей команды на панели инструментов.

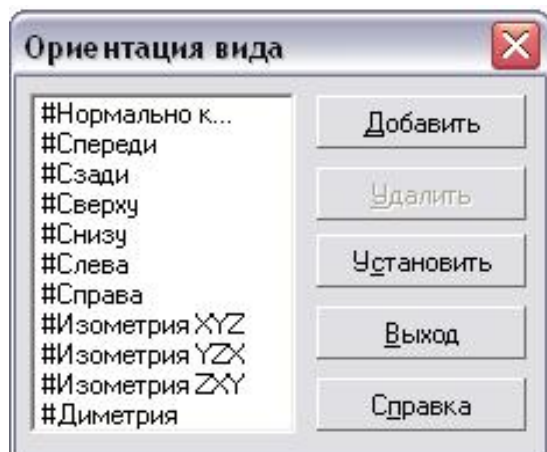


Рис. 5.2. Диалоговое окно  
**Ориентация вида**

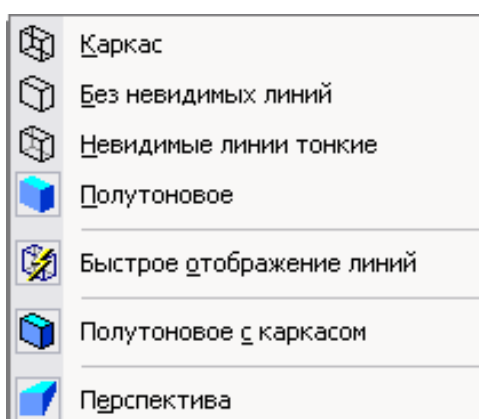


Рис. 5.4. Способы отображения  
модели на экране

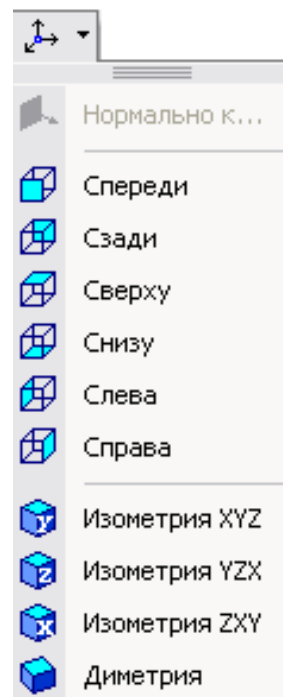


Рис. 5.3. Диалоговое окно  
**Ориентация**

Ниже приведены основные команды пункта **Операции Главного меню**, используемые для построения трехмерных моделей.

### 5.3 Команды построения трехмерных моделей

Одним из вариантов выбора команд для создания трехмерных моделей является пункт **Операции Выпадающего меню**. Этот пункт имеет список из 21 команды, расположенных в 5 блоках (рис. 5.5).

В первом блоке находятся команды **Эскиз** и **Эскиз из библиотеки**. Первая команда предполагает выполнение эскиза вручную (средствами графического редактора), а вторая – выбор эскиза из библиотеки.

Во втором блоке находится восемь команд формообразования 3D-модели по его эскизу: **Операция**, **Деталь-заготовка**, **Приклеить**, **Вырезать**, **Пространственные кривые**, **Поверхность**, **Ось** и **Плоскость**.

В третьем блоке находится команда **Линия разъема**, предназначенная для разбиения граней.

Четвертый блок содержит семь команд: **Фаска**, **Скругление**, **Отверстие**, **Ребро жесткости**, **Уклон**, **Оболочка** и **Сечение**. Эти команды предназначены для редактирования полученной ранее трехмерной модели. В последнем блоке приводятся команды, позволяющие копировать 3D-

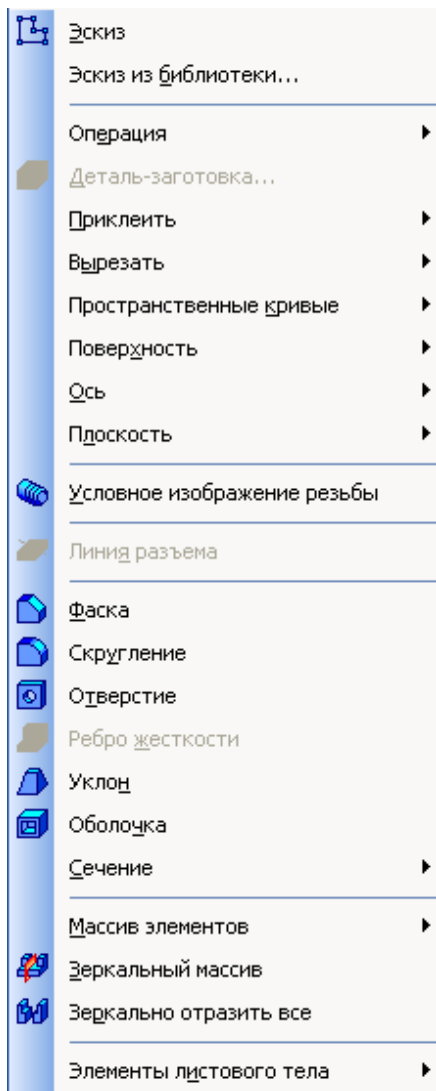
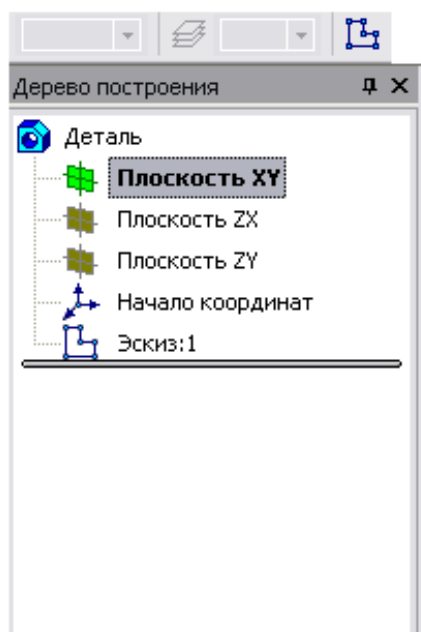


Рис 5.5. Команды раздела **Операции Выпадающего меню**



модели различными способами: **Массив элементов**, **Зеркальный массив** и **Зеркально отразить все**.

В предлагаемом лабораторном практикуме рассматривается большинство из этих команд, необходимых для выполнения лабораторных работ.

### 5.3.1 Команда Эскиз

Команда **Эскиз** предназначена для создания плоского изображения, используемого в дальнейшем при создании трехмерного объекта различными способами. Она доступна, если выделен какой-либо эскиз или плоский объект. Для вызова команды **Эскиз** нужно нажать кнопку  на панели инструментов или выбрать ее название из меню **Операции** (рис. 5.5). Если кнопка **Эскиз** нажата, то это свидетельствует, что система находится в режиме редактирования эскиза. В нем доступны все команды построения графических объектов, команды измерения и ряд других. На рис. 5.6 в **Дереве построений** для выполнения эскиза выбрана координатная плоскость **XY**, кнопка  **Эскиз** нажата, а эскиз

находится в режиме создания.

Порядок построения в эскизах ничем не отличается от порядка построения аналогичных объектов в графическом документе. После построения эскиза для возвраще-

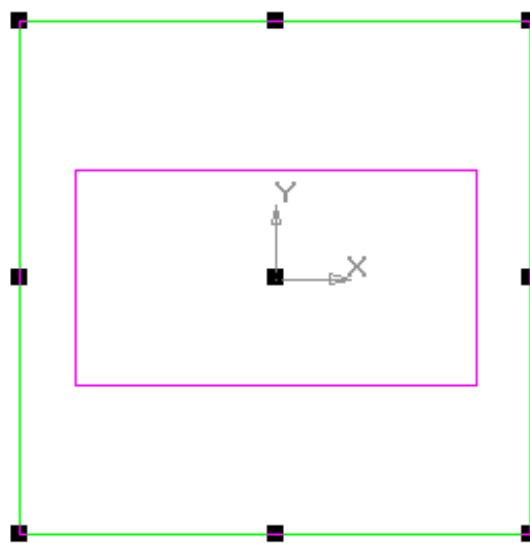


Рис. 5.6. Создание эскиза на координатной плоскости

ния в режим работы с 3D-моделью нужно отжать кнопку  **Эскиз**.

### 5.3.2 Команда Эскиз из библиотеки

Эта команда позволяет создать на выделенной плоскости или плоской грани новый эскиз, для которого в качестве изображения используется фрагмент из библиотеки. После вызова команды на вкладке **Параметры Панели свойств** появляется панель выбора эскиза из библиотеки (рис. 5.7), представляющая собой библиотеку фрагментов. После выделения нужного фрагмента из списка его изображение появляется в области просмотра на панели выбора эскиза. В окне модели появляется фантом этого фрагмента. По умолчанию точка вставки фрагмента совпадает с началом координат эскиза, а угол поворота равен нулю. Эти параметры могут быть изменены на вкладке **Параметры**. Размеры фрагмента могут быть изменены в режиме редактирования после вставки его из библиотеки.

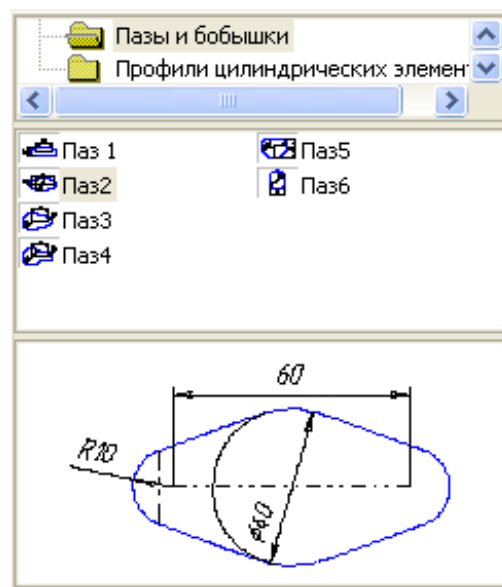


Рис. 5.7. Панель выбора эскиза из библиотеки

### 5.3.3 Команда Операция

Формообразующее перемещение эскиза, в результате которого образуется объемный элемент, называется операцией. Система КОМПАС располагает четырьмя операциями: **Выдавливание**, **Вращение**, **Кинематическая** и **По сечениям**.

#### 5.3.3.1 Команда Выдавливание

Команда **Выдавливание** позволяет создать основание детали, представляющее собой тело выдавливания. Тело выдавливания образуется путем перемещения эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости. Команда доступна, если выделен один эскиз. Для вызова команды нажмите кнопку  **Операция выдавливания** на инструментальной панели редактирования детали или выберите ее название из меню **Операции**.

Задайте направление, в котором требуется выдавливать эскиз: **Прямое направление**, **Обратное направление**, **Два направления** и **Средняя плоскость** (рис. 5.8). Выберите вариант определения величины выдавливания из списка **Способ**: **На расстояние**, **Через все**, **До вершины**, **До поверхности**, **До ближайшей поверхности** (рис. 5.9).

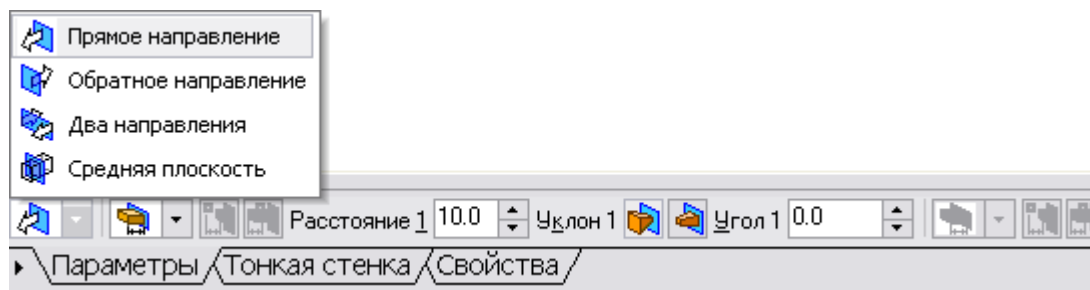


Рис. 5.8. Окно выбора направления выдавливания

Выбор варианта **На расстояние** означает, что выдавливание может производиться только на заданное расстояние.

Выбор варианта **Через все** означает, что величина выдавливания определяется автоматически: эскиз выдавливается до грани, наиболее удаленной от плоскости эскиза в направлении выдавливания.

Вариант **До вершины** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически по положению указанной пользователем вершины. При этом плоскость, ограничивающая выдавливаемый элемент, должна «заходить» за вершину или «не доходить» до нее на заданное расстояние. При выборе варианта **До вершины** требуется указать эту вершину в окне детали.

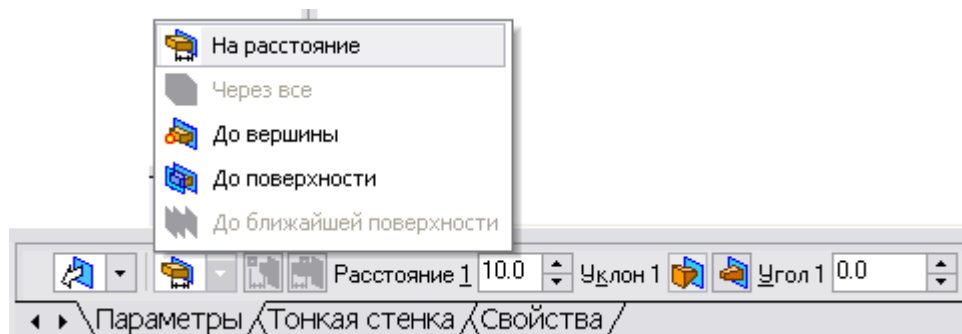
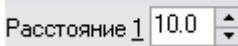


Рис. 5.9. Окно выбора величины выдавливания

Выбор варианта **До поверхности** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически после указания пользователем соответствующей поверхности. При этом поверхность, ограничивающая элемент, должна «заходить» за поверхность или «не доходить» до нее на заданное расстояние. Форма «торца» элемента повторяет форму указанной поверхности. При выборе варианта **До поверхности** требуется указать эту по-

верхность (плоскость, грань) в окне детали (указанная поверхность подсвечивается). Если указанная грань криволинейная, проекция выдавливаемого эскиза должна полностью принадлежать этой грани.

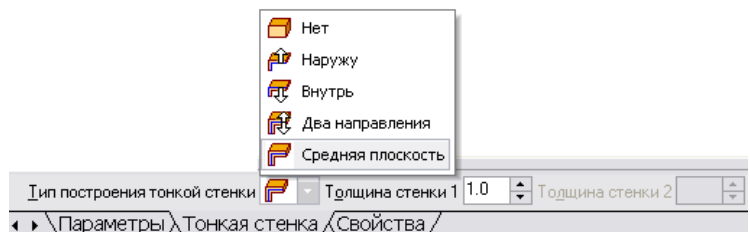
Выбор варианта **До ближайшей поверхности** означает, что величина выдавливания определяется автоматически: эскиз выдавливается до грани, наименее удаленной от плоскости эскиза в направлении выдавливания. Форма «торца» элемента повторяет форму ограничивающей его поверхности. Ввод величины выдавливания осуществляется в поле **Расстояние 1**  на вкладке **Параметры**.

Чтобы наклонить боковые грани элемента выдавливания, нужно выбрать направление уклона с помощью переключателя **Уклон 1** и ввести значение угла в поле **Угол**.

Если было выбрано выдавливание в двух направлениях, то способ определения глубины выдавливания и числовые параметры (в полях **Расстояние 2**, **Угол 2** и **Уклон 2**) требуется задать дважды – для прямого и обратного направления.

Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то параметры задаются один раз. При этом заданное расстояние понимается как общая глубина выдавливания (то есть в каждую сторону откладывается его половина). Параметры уклона считаются одинаковыми в обоих направлениях.

Управление построением тонкостенных элементов всех типов (**выдавливания, вращения, по сечениям и кинематического**) производится на вкладке **Тонкая стенка Панели свойств**. Способ задания толщины стенки выбирается с помощью списка **Тип построения** тонкой стенки. Выбор варианта **Нет** означает отказ от создания тонкой стенки. Для создания тонкой стенки введите нужное значение в поле **Толщина стенки** (рис. 5.10). Если выбрано создание тонкой стенки в двух направлениях, толщину требуется ввести дважды (для направлений внутрь и наружу).



Если поверхность тела была выбрана в качестве средней плоскости стенки, то введенное значение толщины считается общим (в каждом направлении откладывается его половина). Изменение толщины стенки или способа ее определения отображается на фантоме элемента в окне детали. Это позволяет оценить правильность задания параметров стенки и при необходимости откорректировать их.

Настройка свойств поверхности производится на вкладке **Свойства Панели Свойств**.

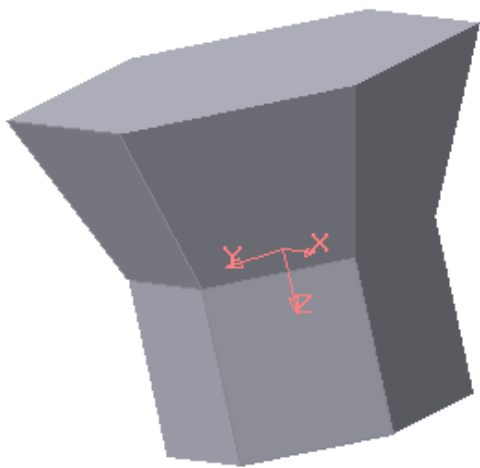


Рис. 5.11. Модель тела, созданного выдавливанием шестиугольника в двух направлениях

В поле **Наименование** автоматически введено название операции. Оно будет отображаться в **Дереве построения**.

Для изменения цвета модели включите опцию **Использовать цвет детали** на вкладке **Свойства Панели Свойств**. Цвет выбирается из раскрывающегося списка **Цвет**. Список доступен при включенной опции **Использовать цвет детали**. Чтобы задать оптические свойства поверхности, переместите на нужное расстояние соответствующий «ползунок». Числовое значение параметра будет отображаться в справочном поле. Настройка оптических свойств доступна при включенной опции **Использовать цвет детали**.

Пример построения модели, полученной выдавливанием шестиугольника в двух направлениях, приведен на рис. 5.11. Для этого прежде в координатной плоскости **XY** был выполнен шестиугольник, а затем на вкладке **Параметры Панели свойств** выбраны **Два направления** выдавливания, причем по одному направлению на **Расстояние 1**  расстояние 20 мм

**Уклон 1** **Угол 1**  без уклона, а по другому направлению также на **Расстояние 2**  расстояние 20 мм, но **Уклон 2** **Угол 2**  с уклоном наружу под углом 20°.

### 5.3.3.2 Команда Операция вращения

Команда **Операция вращения** позволяет создать модель детали, представляющую собой тело вращения. Команда доступна, если выделен один эскиз. Для вызова команды нажмите кнопку (**Операция вращения**) на инструментальной панели редактирования детали или выберите ее название из меню **Операции**.

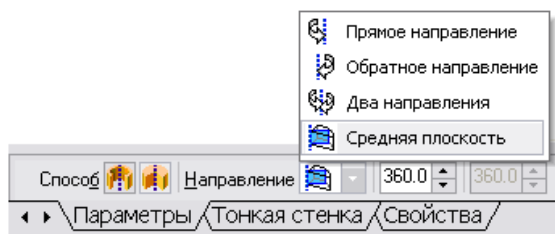


Рис. 5.12. Выбор способа построения тела вращения

Группа переключателей **Способ** на вкладке **Параметры Панели свойств** позволяет выбрать способ построения тела (тороид или сфероид), если вращаемый контур не замкнут (рис. 5.12).

Указав направление вращения контура, нужно выбрать строку в списке **Направление: Прямое направление, Обратное направление, Два направления и Средняя плоскость**. Затем задайте угол, на который будет производиться вращение. Для вращение в двух направлениях угол требуется ввести дважды – для прямого и обратного направления. Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то угол задается один раз. Он воспринимается системой как общий угол, то есть в каждую сторону откладывается его половина.

Управление построением тонкостенных элементов производится на вкладке **Тонкая стенка Панели свойств**.

Способ задания толщины стенки выбирается из списка **Тип построения тонкой стенки**. Выбор варианта **Нет** означает отказ от создания тонкой стенки. Для задания толщины введите нужное значение в поле **Толщина стенки**. Если выбрано создание тонкой стенки в двух направлениях, толщину требуется ввести дважды (для направлений внутрь и наружу). Изменение толщины стенки или способа ее определения отображается на фантоме элемента в окне детали. Это позволяет оценить правильность задания параметров стенки и при необходимости откорректировать их.

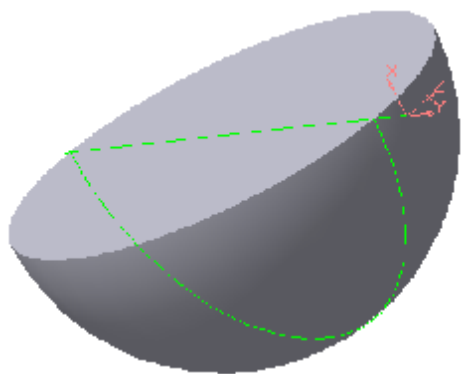


Рис. 5.13. Модель половины шара

Настройка свойств поверхности элемента осуществляется так же, как и при выдавливании.

Пример модели половины шара, полученной в результате вращения половины круга в двух направлениях на  $90^\circ$ , показан на рис. 5.13.

### 5.3.3.3 Команда Операция кинематическая

Эта команда позволяет создавать модель детали, представляющую результат перемещения эскиза (образующей) вдоль выбранной траектории. При построении кинематической поверхности используются как минимум два эскиза: в одном из них изображена образующая кинематического элемента (кинематической поверхности), в остальных – траектория движения сечения. Эти эскизы задают определитель **Операции кинематической**. В эскизе - сечении (образующая) находится только один контур, который может быть разомкнутым или замкнутым. Если траектория (направляющая) состоит из одного эскиза, должны выполняться следующие условия:

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

- в разомкнутом контуре его начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- в замкнутом контуре он должен пересекать плоскость эскиза-сечения.

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

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

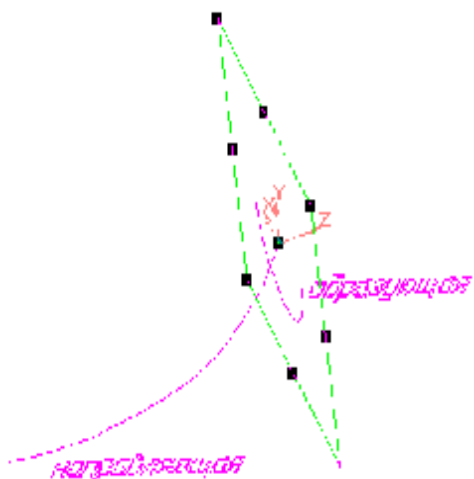


Рис. 5.14. Определитель кинематической операции

(Траектория).

Построение тонкостенного кинематического элемента и настройка свойств поверхности элемента ничем не отличается от рассмотренных выше операций выдавливания и вращения.

Пример выполнения кинематической операции по заданному определителю (рис. 5.14) показан на рис. 5.15.

Для вызова команды нажмите кнопку  (Кинематическая операция) на инструментальной панели редактирования детали или выберите её название из меню **Операции**. Группа переключателей **Движение сечения**    (Движение сечения) позволяет выбрать один из трёх типов перемещения сечения вдоль траектории: **Сохранять угол наклона**, **Параллельно самому себе** и **Ортогонально траектории**. Для указания параметров выполнения операции следует нажать кнопку  **Сечение** (Сечение), затем определить траекторию, нажав кнопку  **Траектория**

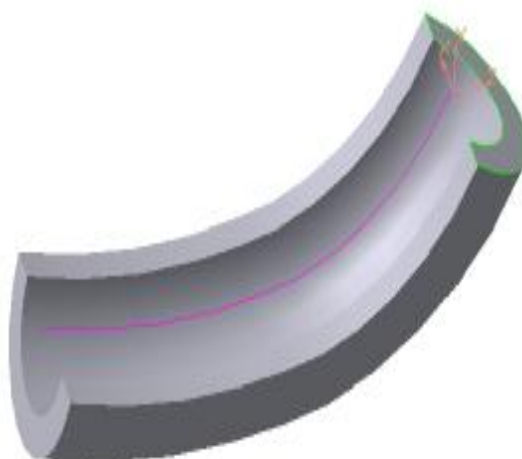


Рис. 5.15. Модель тела, образованного кинематической операцией

### 5.3.3.4 Команда Операция по сечениям

Команда **Операция по сечениям** позволяет создать основание детали, указав несколько его сечений, изображённых в разных эскизах. Если необходимо, можно указать направляющую – контур, задающий направление построения элемента по сечениям. Команда доступна, если в детали существует хотя бы два эскиза. Требования к эскизам элемента по сечениям следующие:

- эскизы могут быть расположены в произвольно ориентированных плоскостях;
- эскиз начального (конечного) сечения может содержать контур или точку;
- эскиз промежуточного сечения может содержать только контур;
- контур в эскизе может быть только один
- контуры в эскизах должны быть или все замкнуты, или все разомкнуты.

Требования к эскизу осевой линии следующие:

- в эскизе может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- контур должен пересекать плоскости всех эскизов;
- эскиз должен лежать в плоскости, не параллельной плоскостям эскизов сечений.

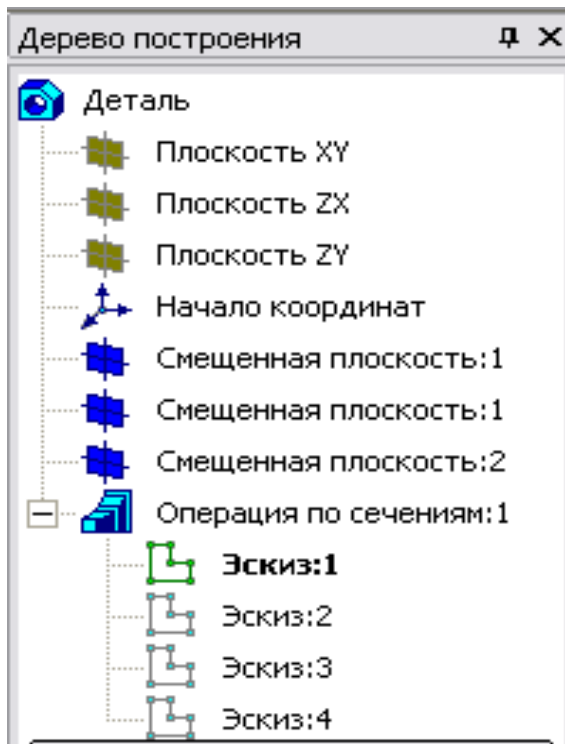


Рис. 5. 16. Выбор эскизов в Дереве построения

Для вызова команды нажмите кнопку  (**Операция по сечениям**) на инструментальной панели редактирования детали или выберите её название из меню **Операции**.

Чтобы задать сечение элемента, нажмите кнопку **Сечение** на вкладке **Параметры Панели свойств** и укажите нужные эскизы в **Дереве построения** (рис. 5.16) или в окне модели.

Перечень эскизов в порядке их указания появляется в окне **Список сечений** (рис. 5.17). В этом же порядке сечения будут соединены при построении элемента. Чтобы изменить порядок следования сечений или уда-

лить какие-либо из них, воспользуйтесь кнопками  над списком.

Чтобы задать осевую линию, задающую общее направление построения элемента, нажмите кнопку на вкладке  Эскиз:4 **Параметры** и укажите нужный объект.

В качестве осевой линии может использоваться любая пространственная или плоская кривая, например: криволинейное ребро, спираль, сплайн, контур в эскизе. Если осевой линией является контур в эскизе, то он должен подчиняться перечисленным выше требованиям.

Если осевая линия выбрана неверно, её можно указать повторно, не выходя из команды. Для этого щёлкните мышью по нужному объекту. Выделение с ранее указанной кривой будет снято. Выбранной для выполнения операции окажется заново указанная кривая. Операция по сечениям может быть выполнена и без указания осевой линии.

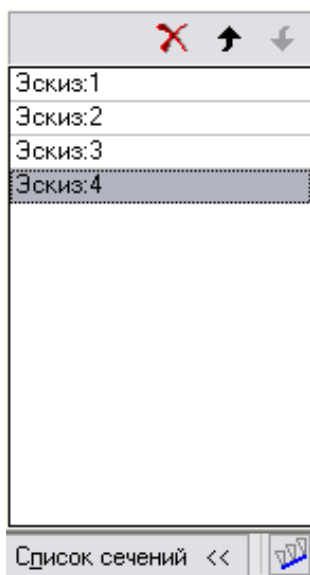


Рис. 5.17. Окно **Список сечений**

В **Списке сечений** начальное и конечное сечения служат для управления способом построения тела у их гра-

ницы.

Группа переключателей  **Траектория** позволяет выбрать способ определения порядка соединения сечений. Активизация переключателя  (**Автоматическая генерация траекторий**) означает, что система автоматически определит, какие точки сечений соединять при построении элемента.

Активизация переключателя  (**Генерация траектории по указанным точкам**) означает, что эскизы будут соединены по точкам, ближайшим к точкам их указания. Если эскизы указываются в **Дереве построения мо-**

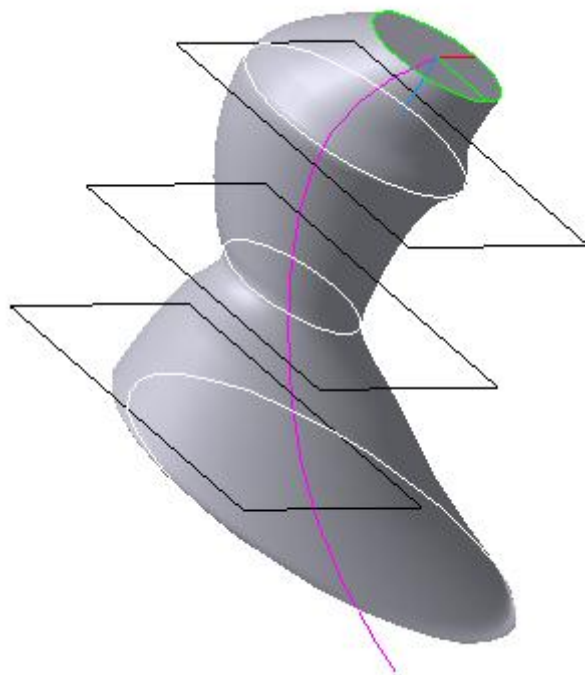


Рис. 5.18. Модель тела с криволинейной направляющей

**дели**, срабатывает алгоритм автоматической генерации пути. Если сечения не выпуклые, указываете траекторию вручную.

Построение тонкостенного кинематического элемента и настройка свойств поверхности элемента ничем не отличаются от рассмотренных выше операций выдавливания и вращения, кроме следующего условия. Построение тонкостенного тела по сечениям возможно, если только все эскизы – сечения содержат контуры. Использовать эскизы, содержащие точки, для создания такого элемента нельзя. Примеры использования **Операции по сечениям** для криволинейной и прямолинейной направляющих показан на рис. 5.18 и 5.19, соответственно.

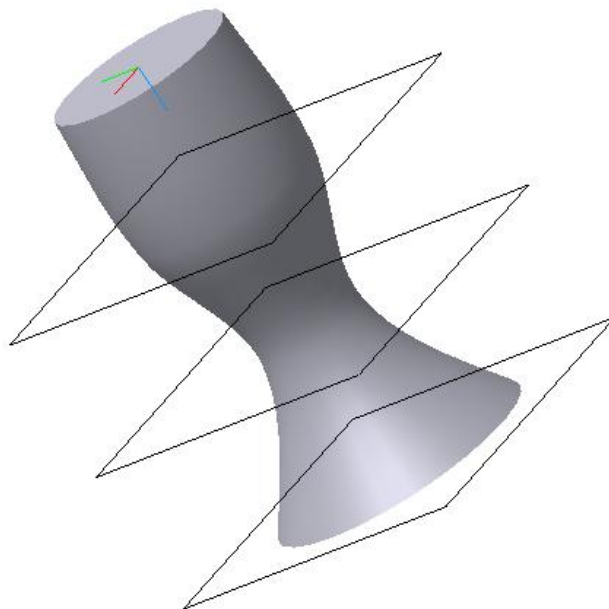


Рис. 5.19. Модель тела с прямолинейной направляющей

### 5.3.4 Команда Приклеить

После образования основания детали любым из четырех возможных способов – выдавливанием, вращением, кинематическим способом и по сечениям – дальнейшее преобразование детали идет с использованием команд **Приклеить** и **Вырезать**. Приклеить необходимый элемент к основанию детали также можно любым из четырех возможных способов, поэтому эта команда имеет подменю из четырех команд: **Выдавливанием**, **Вращением**, **Кинематически** и **По сечениям** (рис. 5.20).

#### 5.3.4.1 Команда Приклеить выдавливанием

Команда **Приклеить** выдавливанием позволяет добавить к детали формообразующий элемент, представляющий собой тело выдавливания. Команда доступна, если выделен один эскиз.

Требования к эскизу приклеиваемого элемента выдавливания следующие:

- в эскизе приклеиваемого элемента выдавливания может быть один или несколько контуров;



Рис. 5.20. Команды меню **Операции**

- допускается любой уровень вложенности контуров.

Для вызова команды нажмите кнопку  - **Приклеить выдавливанием** на инструментальной панели редактирования детали или выберите ее название из меню **Операции** (рис. 5.20).

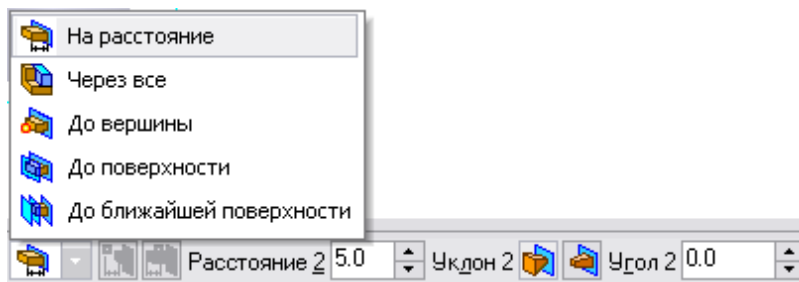


Рис. 5.21. Выбор способа определения глубины выдавливания и ее параметров

С помощью списка  **Направление** на вкладке **Параметры** **Панели свойств** задайте направление, в котором требуется выдавливать эскиз.

Выберите способ определения глубины выдавливания из соседнего списка  **Способ** (рис. 5.21).

Введите величину, характеризующую глубину выдавливания, в поле **Расстояние** на вкладке **Параметры** (рис. 5.21).

Чтобы наклонить боковые грани элемента выдавливания, выберите направление уклона с помощью переключателя **Уклон**. Этот переключатель имеет два положения: **Наружу** и **Внутрь**. Введите значение угла наклона в поле **Угол**.

Если было выбрано выдавливание в двух направлениях, то способ определения глубины выдавливания и числовые параметры (расстояние выдавливания, угол и направление уклона) требуется задать дважды – для прямого и обратного направлений.

Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то параметры задаются один раз. При этом возможно выдавливание только на расстояние. Заданное расстояние понимается как общая глубина выдавливания (то есть в каждую сторону откладывается его половина). Параметры уклона считаются одинаковыми в обоих направлениях.

Управление построением тонких стенок производится на вкладке **Тонкая стенка** **Панели свойств** (рис. 5.22).

Укажите способ задания толщины стенки с помощью списка **Тип построения** тонкой стенки.

Выбор варианта **Нет** означает отказ от создания тонкой стенки.

Введите нужное значение в поле **Толщина стенки**.

Если выбрано создание тонкой стенки в

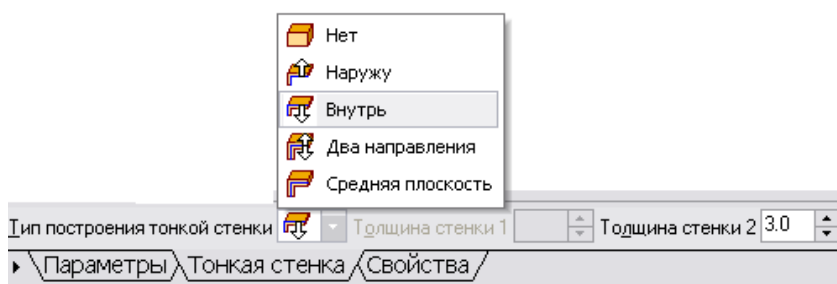


Рис. 5. 22. Вкладка **Тонкая стенка** для задания параметров тонкой стенки

двух направлениях, толщину требуется ввести дважды (для направлений внутрь и наружу).

Если поверхность тела была выбрана в качестве средней плоскости стенки, то введенное значение толщины считается общим (в каждом направлении откладывается половина).

Изменение толщины стенки или способа ее определения отображается на фантоме элемента в окне детали (рис. 5.23). Это позволяет оценить правильность задания параметров стенки и при необходимости откорректировать их.

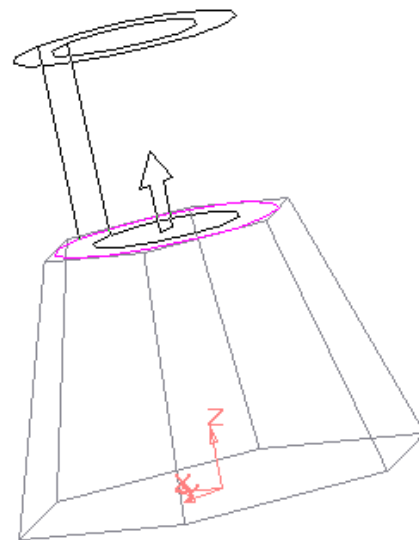


Рис. 5.23. Фантом элемента модели при приклеивании выдавливанием

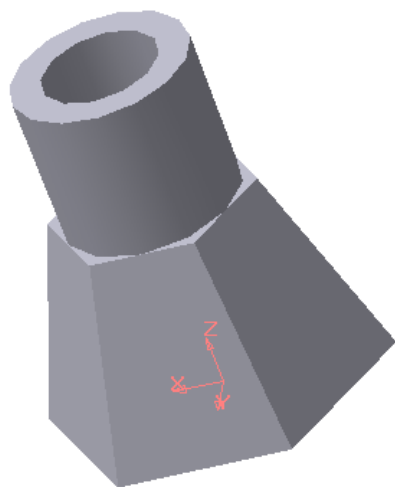


Рис. 5.24. Модель детали с приклеенным тонкостенным цилиндром

Если контуры в эскизах элемента **выдавливания, кинематического** или **по сечениям** не замкнуты (а также при создании тороида вращением незамкнутого контура), может быть построен только тонкостенный элемент. В этих случаях вариант **Нет** в списке **Тип** недоступен.

Использование команды **Приклеить выдавливанием** показано на примере приклеивания к шестигранной усеченной пирамиде тонкостенного цилиндра (рис. 5.24).

#### 5.3.4.2. Команда Приклеить вращением

Команда **Приклеить вращением** позволяет добавить к детали формообразующий элемент, представляющий собой тело вращения. Команда доступна, если выделен один эскиз.

Требования к эскизу приклеиваемого элемента вращения следующее:

- ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии **Осевая**;
- ось вращения должна быть одна;
- в эскизе приклеиваемого или вырезаемого элемента вращения может быть один или несколько контуров;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения;
- все контуры должны лежать по одну сторону от оси вращения.

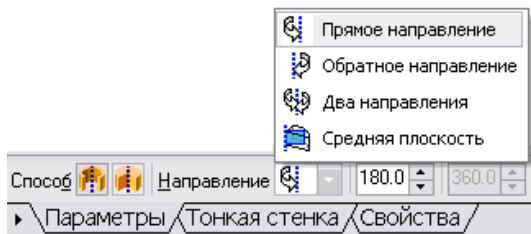


Рис. 5.25. Выбор направления вращения и угла поворота

Для вызова команды нужно нажать кнопку  (**Приклеить вращением**) на инструментальной панели редактирования детали или выбрать ее название из меню **Операции**.

Для указания направления вращения контура следует выбрать нужную строку в списке **Направление** (рис. 5.25). Здесь же нужно указать угол, на который будет выполняться вращение.

Для вращения в двух направлениях угол требуется ввести дважды – для прямого и обратного направления.

Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то угол задается один раз. В этом случае откладывается в каждую сторону половина угла.

Использование команды **Приклеить вращением** к исходной модели половины шара показано на рис. 5.26.

#### 5.3.4.3 Команда Приклеить кинематически

Команда **Приклеить кинематически** позволяет добавить к детали тело, представляющее собой результат перемещения эскиза (образующей) вдоль траектории (направляющей). Команда доступна, если в детали существует хотя бы один, не задействованный в других операциях эскиз.

Требования к эскизу (образующей) приклеиваемого кинематического элемента следующие:

- в эскизе (образующей) может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым.

Траектория, вдоль которой перемещается эскиз-сечение и которая состоит из одного эскиза, должна удовлетворять следующим требованиям:

- в эскизе траектории может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;

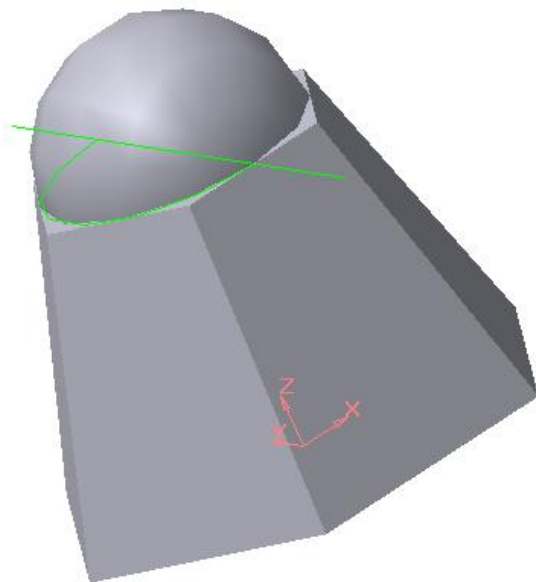


Рис. 5.26. Модель тела с приклеенной половиной шара

- если контур замкнут, он должен пересекать плоскость эскиза-сечения.

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

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

Для вызова команды нажмите кнопку 

**Приклеить кинематически** на инструментальной панели **Редактирование детали** или выберите её из меню **Операции**.

Чтобы задать эскиз-сечение, нажмите кнопку на вкладке **Параметры Панели свойств** и укажите нужный эскиз в **Дереве построения** или в окне модели. Название эскиза появится в справочном поле вкладки.

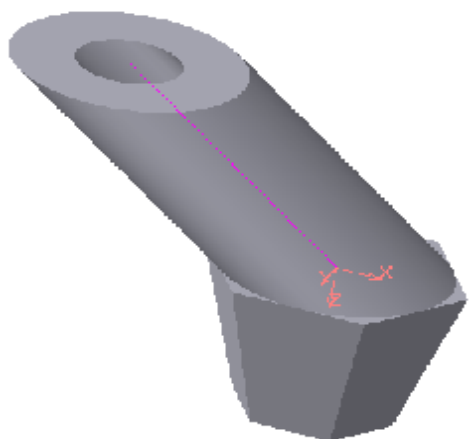


Рис. 5.28. Модель детали с приклеенным тонкостенным цилиндром

Чтобы задать траекторию движения сечения, нажмите кнопку на вкладке **Параметры** и укажите нужный объект.

В качестве траектории может использоваться любая пространственная или плоская кривая, например: ребро, спираль, сплайн, контур в эскизе, ломаная кривая.

Если траектория выбрана неверно, её можно указать повторно, не выходя из команды. Просто щёлкните мышью по нужному объекту. Выделение с ранее указанной кривой будет снято, выбранной для выполнения операции окажется вновь указанная кривая.

Группа переключателей **Движение сечения**    (**Движение сечения**) позволяет выбрать тип перемещения сечения вдоль траектории: **Сохранять угол наклона**, **Параллельно самому себе** и **Ортогонально траектории**.

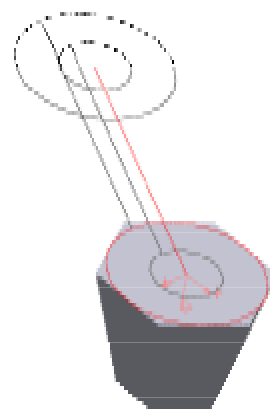


Рис. 5.27. Фантом элемента модели при приклеивании кинематически

Построение тонкостенного кинематического элемента и настройка свойств поверхности элемента ничем ни отличается от рассмотренных выше операций.

Результат действия команды **Приклеить кинематически** изображён на рис. 5.27 и 5.28.

Приклеивание проводится к плоской поверхности, образованной выдавливанием шестиугольника.

Приклеиваемая модель образована движением окружности по траектории в виде отрезка, наклоненного к плоскости эскиза. Моделирование осуществлено с использованием вкладки **Тонкая стенка** (рис. 5.29).

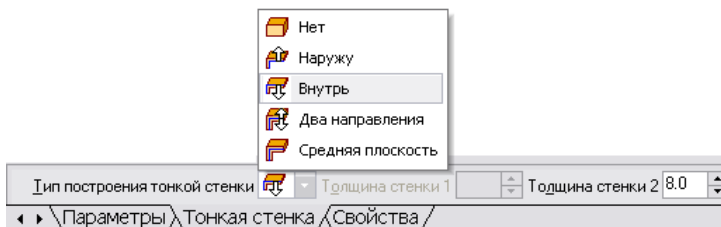


Рис. 5.29. Окно для задания параметров тонкой стенки

### 5.3.5 Команда Вырезать

Вырезать элемент из основания детали можно четырьмя способами. Эта команда имеет подменю из четырёх команд: **Выдавливанием**, **Вращением**, **Кинематически** и **По сечениям**.

#### 5.3.5.1 Команда Вырезать выдавливанием

Команда **Вырезать выдавливанием** позволяет вырезать из модели формообразующий элемент, представляющий собой тело выдавливания.

Команда доступна, если выделен один эскиз.

К эскизу вырезаемого элемента выдавливания предъявляются следующие требования:

- в эскизе приклеиваемого или вырезаемого элемента выдавливания может быть один или несколько контуров;
- допускается любой уровень вложенности контуров.

Для вызова команды нажмите кнопку  (**Вырезать выдавливанием**) на инструментальной панели редактирования детали.

С помощью списка  (**Направление**) на вкладке **Параметры Панели свойств** задайте направление, в котором требуется выдавливать эскиз: **Прямое направление**, **Обратное направление**, **Два направления** или **Средняя плоскость**.

Выберите способ определения глубины выдавливания из списка  (**Способ**).

Введите величину, характеризующую глубину выдавливания, в поле **Расстояние** на вкладке **Параметры**.

Чтобы наклонить боковые грани элемента выдавливания, выберите направление уклона с помощью переключателя **Уклон** и введите значение угла.

Если было выбрано выдавливание в двух направлениях, то способ определения глубины выдавливания и числовые параметры (расстояние выдавливания, угол и направление уклона) требуется задать дважды – для прямого и обратного направления.

Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то параметры задаются один раз. При этом возможно выдавливание только на расстоянии, которое понимается как общая глубина выдавливания, то есть в каждую сторону откладывается его половина. Параметры уклона считаются одинаковыми в обоих направлениях.

Управление построением тонкостенных элементов методом выдавливания производится на вкладке **Тонкая стенка Панели свойств**. Для этого следует указать способ задания толщины стенки с помощью списка **Тип построения тонкой стенки**. Выбор варианта **Нет** означает отказ от создания тонкой стенки. Для изображения тонкой стенки следует ввести нужное значение в поле **Толщина стенки**.

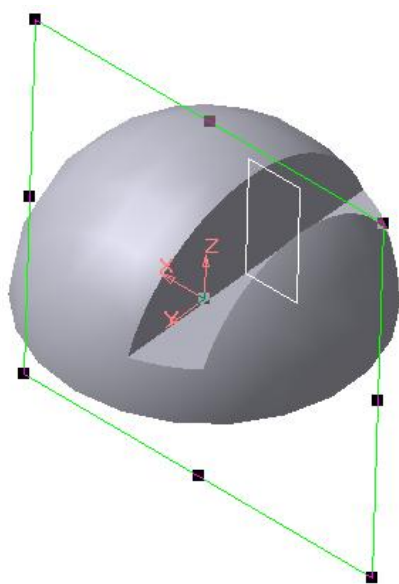


Рис. 5.30. Модель половины шара со сквозным вырезом

Для изображения тонкой стенки следует ввести нужное значение в поле **Толщина стенки**.

Изменение толщины стенки или способа ее определения отображается на фантоме элемента в окне детали. Это позволяет оценить правильность введенных параметров стенки и при необходимости их скорректировать.

Пример использования команды **Вырезать выдавливанием** опции **Два направления** при создании сквозной прорези приведен на рис. 5.30. Эскиз расположен в координатной плоскости **XZ**.

### 5.3.5.2 Команда Вырезать вращением

Команда **Вырезать вращением** позволяет вырезать из модели формообразующий элемент, представляющий собой тело вращения.

Команда доступна, если выделен один эскиз, к которому предъявляются следующие требования:

- ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии **Осевая**;
- ось вращения должна быть одна;
- в эскизе вырезаемого элемента вращения может быть один или несколько контуров;
- допускается любой уровень вложенности контуров;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения.

Для вызова команды нажмите кнопку  (**Вырезать вращением**) на инструментальной панели инструментов редактирования детали.

Группа переключателей **Способ** на вкладке **Параметры Панели свойств** позволяет выбрать способ построения элемента. Так, если вращаемый контур не замкнут, то это  **Тороид** или  **Сфероид**.

Затем укажите направление вращения контура, выбрав нужную строку в списке **Направление**  **Направление**.

Задайте угол, на который будет производиться вращение. Для вращения в двух направлениях угол требуется ввести дважды – для прямого и обратного направления.

Если был выбран вариант **Средняя плоскость**, то угол задается один раз. Он воспринимается системой как общий угол (в каждую сторону откладывается его половина).

Управление построением тонкостенных элементов методом вращения производится на вкладке **Тонкая стенка Панели инструментов**.

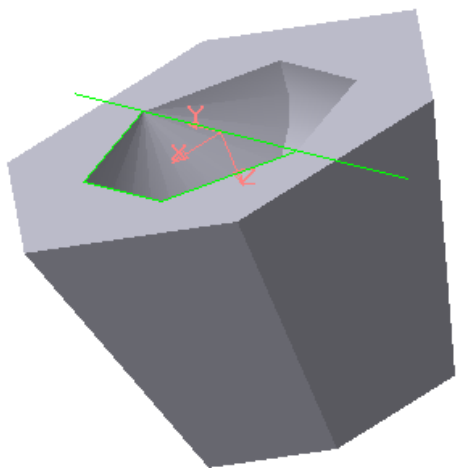


Рис. 5.31. Модель усеченной пирамиды с углублением, образованным с применением команды **Вырезать вращением**

Выбор результатов операции вырезания производится на вкладке **Вырезание Панели свойств**. Для этого активизируйте переключатель **Результат операции**, соответствующий нужному результату:  (**Вычитание элементов**) или  (**Пересечение элементов**).

Пример использования команды **Вырезать вращением** приведен на рис. 5.31, на котором в теле усеченной пирамиды выполнено углубление. Углубление образовано вращением плоского контура, имеющего форму равнобедренной трапеции.

### 5.3.5.3 Команда Вырезать кинематически

Команда **Вырезать кинематически** позволяет вырезать из модели формообразующий элемент, представляющий собой результат перемещения эскиза-сечения вдоль заданной траектории.

Команда доступна, если в модели существует хотя бы один не задействованный в других операциях эскиз.

Требования к эскизу-сечению вырезаемого кинематического элемента следующие:

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

Если траектория сечения состоит из одного эскиза, должны выполняться следующие условия:

- в эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, его начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- если контур замкнут, он должен пересекать плоскость эскиза-сечения.

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

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

Для вызова команды нажмите кнопку  (**Вырезать кинематически**) на инструментальной панели редактирования детали.

Чтобы задать эскиз-сечение, нажмите кнопку  Сечение на вкладке **Параметры Панели свойств** и укажите нужный эскиз в **Дереве построения** или в окне модели. Название эскиза появится в справочном поле вкладки.

Чтобы задать траекторию движения сечения, нажмите кнопку  Траектория на вкладке **Параметры** и укажите нужный объект.

Если траектория выбрана неверно, ее можно указать повторно, не выходя из команды. Для этого щелкните мышью по нужному объекту. Выде-

ление с ранее указанной кривой будет снято, а выбранной для выполнения операции окажется вновь указанная кривая.

Группа переключателей  (**Движение сечения**) позволяет выбрать тип перемещения сечения вдоль траектории, при этом: **Сохранять угол наклона**, **Параллельно самому себе** и **Ортогонально траектории**.

Построение тонкостенного кинематического элемента и настройка свойств поверхности элемента ничем не отличается от рассмотренных выше операций.

Результат действия команды **Вырезать кинематически** изображен на рис. 5.32.

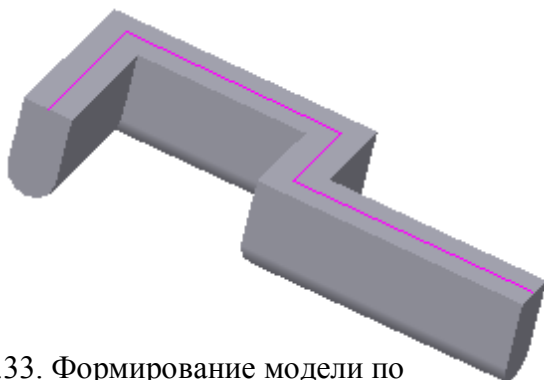


Рис. 5.33. Формирование модели по заданной траектории с использованием булевой операции **Пересечение элементов**

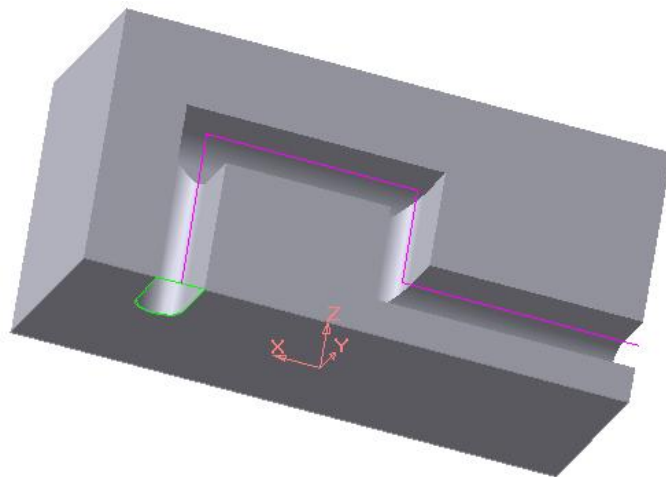


Рис. 5.32. Формирование выреза по заданной траектории с использованием булевой операции **Вычитание элемента**

Здесь показано движение контура по ломаной линии.

Группа переключателей **Движение сечения** позволяет выбрать тип перемещения сечения вдоль траектории.

При вырезании можно удалить материал модели, находящийся внутри поверхности элемента или снаружи этой поверхности, то есть

вычесть элемент из модели или получить пересечение элемента и модели.

Выбор результата операции вырезания производится на вкладке **Вырезание Панели свойств**. Для этого активизируйте переключатель **Результат операции** и выберите нужный вариант:  (**Вычитание элемента**) или  (**Пересечение элементов**).

На рис. 5.32 показано кинематическое вырезание с применением команды **Вычитание элемента**, а рис.5.33 приведено аналогичное изображение, но с применением команды **Пересечение элементов**.

Настройка свойств поверхности осуществляется на вкладке **Свойства**, расположенной на **Панели свойств**.

## 5.4 Задание к лабораторной работе № 5

Исходными данными для работы являются два вида детали, например, как показано на рис. 5.33. По этому чертежу требуется выполнить трехмерную модель детали. Каждому студенту предлагается индивидуальный вариант.

Трехмерная модель детали может быть создана многими вариантами. Один из них представлен ниже.

1. Создаем новый документ **Деталь**.
2. Выявляем простейшие геометрические тела, из которых состоит деталь. В нашем случае это: пятигранная призма с призматическим отверстием, цилиндр и половина шара с вырезом. В этой последовательности и будем формировать модель.
3. В качестве конструктивной плоскости выберем координатную плоскость **XZ**.
4. В плоскости **XZ** выполняем эскиз для создания основания – призмы, в нашем случае пятиугольника. Для удобства дальнейшей работы центр пятиугольника поместим в начало системы координат.
5. Применим к полученному пятиугольнику  **Операцию выдавливания**. В окне **Расстояние** зададим **50**, а **Направление** – **Прямое**. Результат выдавливания показан на рис. 5.34. Здесь применен каркасный способ отображения модели с прорисовкой невидимых ребер тонкими линиями.
6. Для создания цилиндра в качестве конструктивной плоскости используем верхнюю грань призмы. В ней выполняем эскиз – окружность.
7. Модель цилиндра формируем с помощью операции  **Приклеить выдавливанием** на расстояние **50** (рис. 5.35).

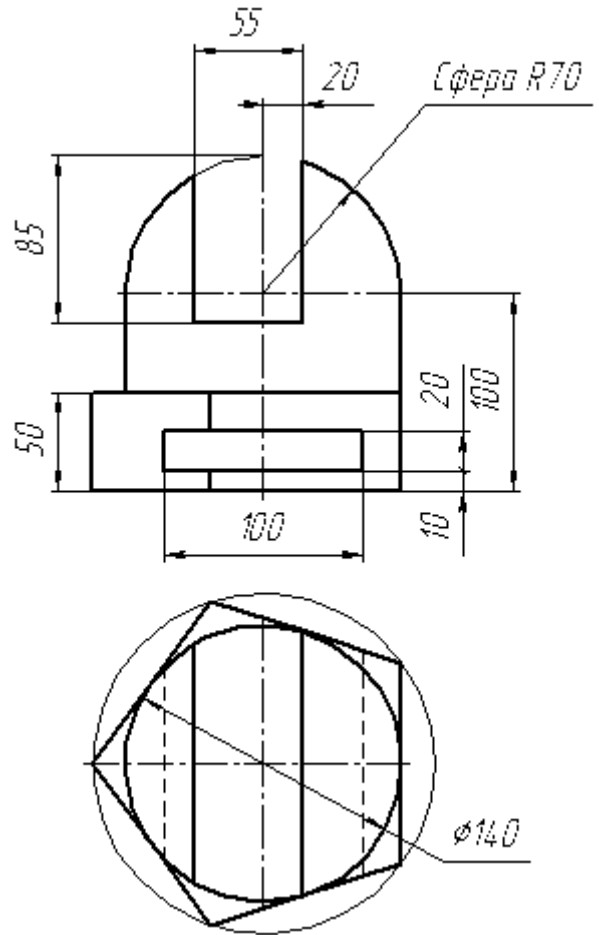


Рис. 5.33

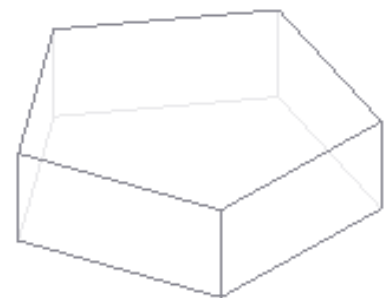


Рис. 5.34

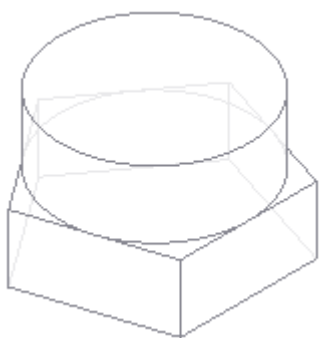


Рис. 5.35

8. В верхнем основании цилиндра создаем эскиз для формообразования половины шара. Эскиз состоит из отрезка со стилем **Осевая** и полуокружности, опирающейся на этот отрезок. Отрезок является осью вращения полуокружности.

9. Формируем половину шара с использованием операции **Приклеить вращением**. Способом построения должен быть **Сфероид**, а на вкладке **Тонкая стенка** установлен вариант **Нет**. Результат

показан на рис. 5.36.

10. Формирование вырезов также начинаем с эскизов, для которых конструктивной плоскостью будет координатная плоскость **XY**. В ней изображаем два прямоугольника (рис. 5.37).

11. Отверстие и прорезь формируем с использованием команды **Вырезать выдавливанием**. В списке **Направление выдавливания** выбираем **Два направления**, а в списке **Способ построения** – **Через все**. Конечный результат моделирования показан на рис. 5.38. Способ отображения – полутоновое, с каркасом.

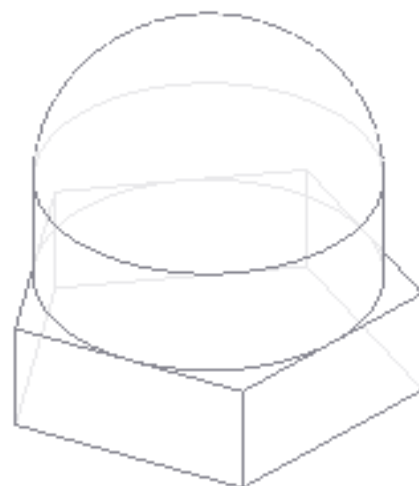


Рис. 5.36

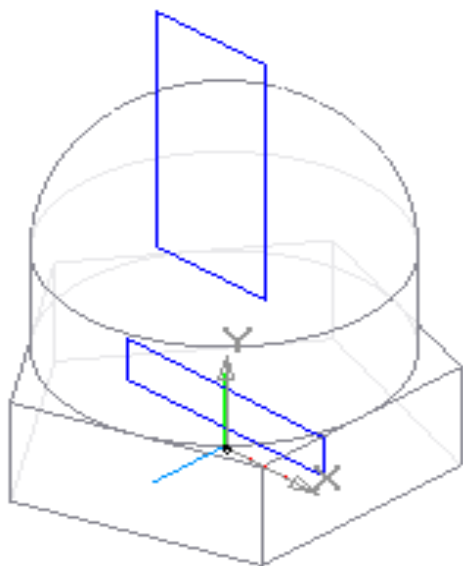


Рис. 5.37

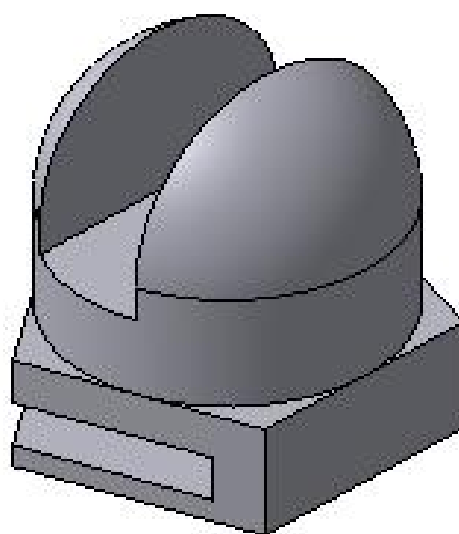


Рис. 5.38