

## ГЛАВА 4 СОЗДАНИЕ ЭСКИЗОВ

Прежде, чем приступить к созданию модели какого-либо устройства или детали, необходимо четко представлять себе с чего нужно начинать, и в чем заключается особенность создания трехмерных моделей. **ДЕТАЛЬ** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. К деталям также относятся изделия с защитным/декоративным покрытием или изготовленных с применением местной сварки, пайки, склеивания.

Inventor позволяет разрабатывать параметрические модели, т.е. создавать модели форму которых можно изменять с помощью размеров. Параметры модели – переменные, задающие соотношения между различными геометрическими и размерными величинами на эскизе

Inventor включает весь набор функций для объемного твердотельного моделирования, которые могут потребоваться в процессе работы над моделями сложных узлов и деталей. При проектировании детали следует придерживаться определенной последовательности действий, обеспечивающих правильность выполнения создания твердотельной модели

### 4.1 Эскизы в INVENTOR

Трехмерная модель детали формируется на основе информации, заложенной в эскизе. Создаваемая в Inventor модель базируется на эскизах и поддерживает постоянную связь с ними. Моделирование начинается с использования динамического мастера эскизов с интерактивным определением интеллектуальных профилей, строящихся с использованием линий, дуг и сплайнов. Создание детали начинается с создания первого 2D-эскиза, который может иметь очень простую форму.

Мастер эскизов представляет собой графический редактор, связанный с логическим решателем, с помощью которого не только принимаются решения в процессе работы над эскизами, но и накладываются ограничения на связи между элементами конструкции. Ограничения определяются и накладываются автоматически в зависимости от вида конструкции. Эскизы сохраняют свои свойства не зависимо от того, где используются их фрагменты. Это позволяет пользователям перетаскивать элементы эскизов в реальном времени в соответствии с ранее установленными правилами их включения в сборку.

Эскизы могут содержать много различных элементов, например: крепеж в виде хомутов, скоб и т.д., которые обнаруживаются и идентифицируются автоматически. Элементы, имеющие сложную геометрию, могут быть созданы с использованием функций выдавливания, вращения, развертки, протяжки профиля по заданной траектории и т.д. При изменении эскиза соответствующим образом изменяется и сама модель.

Также могут быть легко созданы детали сложных форм, включающих комбинации канавок, фасок, скосов, галтелей, различных типов углов, отверстий, оболочек и сложных пространственных элементов. Свойства и ограничения могут быть определены для отдельных элементов как в процессе их разработки, так и непосредственно в момент их включения в сборку. Все эти свойства и ограничения могут быть также переопределены или отредактированы с использованием среды адаптивного конструирования.

Редактировать конструктивные элементы можно и после их создания, поэтому на первоначальном этапе можно ограничиться лишь их приблизительными набросками. На следующих стадиях процесса проектирования модели можно уточнять, добавляя геометрические и размерные зависимости. Для просмотра альтернативных вариантов можно изменять взаимосвязи между конструктивными элементами, а также добавлять или удалять элементы.

Эскиз—это двумерное очертание конструктивного элемента, составленного из элементарных примитивов (отрезков, дуг, ломаных линий и сплайнов) формирующих контур или геометрический объект (траектория сдвига, ось вращения, линия разреза или вырыва и т.п.), требуемый для формирования конструктивного элемента. Все изменения эскизов ведут к автоматическому изменению соответствующих конструктивных элементов. Это основной компонент, который имеет приблизительный размер и форму элементов детали т.к. создается без точного определения размеров. Обычно такие эскизы служат для описания элементов произвольной формы, а не типовых элементов (отверстий, фасок и сопряжений). При выполнении эскизов следует придерживаться правила: **эскиз контура не должен иметь перекрытий, контур должен начинаться и заканчиваться в одной и той же точке.**

Эскизы служат для определения форм и размеров очертаний конструктивных элементов, траекторий, а также для размещения центров отверстий. От формы детали зависит ход создания модели, поэтому конструктору до начала проектирования следует четко представить себе форму проектируемой детали – это будет плоская деталь или тело вращения. Тщательная проработка эскизов, необходимых для конструирования, упрощает их построение и дальнейшее использование на протяжении всего процесса проектирования, заметно повышает эффективность работ по разработке изделий. Такие завершающие элементы, как сопряжения, фаски и наклонные грани, следует применять только после построения основной части модели. Для

получения сложных форм рекомендуется комбинировать простые эскизы. При изменении модели проще исправить несколько простых по форме эскизов, чем один сложный эскиз.

Эскиз может создаваться в файле чертежа, изделия или детали, поэтому находит применение:

✓при работе с чертежом для:

- обозначения размеров отверстий
- создания и изменения основных надписей
- создания эскизных обозначений
- добавления изготовленной детали
- нанесения текстовых надписей

✓при работе с деталью для:

- создания переходных плоскостей при построении по сечениям
- проецирования геометрии с другой плоскости для использования в контуре
- доступности геометрии в более чем одном конструктивном элементе
- создания геометрии на плоскости, скрытой другими конструктивными элементами
- проецирования контуров на поверхность для создания сложных форм
- ✓при работе со сборкой для:
- добавления отверстий, проходящих сквозь множество деталей и узлов
- выдавливания сквозь множество деталей
- построения 2D-схем расположения для анализа и изменения механических взаимоотношений
- создания сварного шва в сварной конструкции
- нанесения текстовых надписей.

После создания конструктивных элементов контур, траектории и центры отверстий поглощаются ими.

Эскизы размещаются на плоскостях построений, где и выполняется построение отрезков, дуг и другой геометрии. Наложение зависимостей при рисовании выполняется автоматически. Зависимости определяют ориентацию кривых эскиза и взаимосвязь между ними. При создании элемента эскиза наложение зависимости можно блокировать, удерживая нажатой клавишу CTRL.

Законченный эскиз используется как замкнутый контур, на основе которого строится конструктивный элемент путем выдавливания, вращения, сдвига, натягивания или созданием пружины. Кроме того, эскизы могут определять траектории для таких операций, как сдвиг.

В эскизах может присутствовать вспомогательная и заимствованная геометрия. Вспомогательная геометрия не может быть частью эскиза контура или траектории, однако относительно нее можно накладывать зависимости. Заимствованная геометрия представляет собой спроецированную геометрию других эскизов и, как правило, используется для получения образов ребер или силуэтов имеющихся конструктивных элементов.

Основные возможности Inventor по созданию и редактированию эскизов:

- автоматическое наложение зависимостей. При создании эскиза делаются выводы о наиболее вероятных зависимостях его элементов, они автоматически отображаются и накладываются
- совместное использование эскизов. Один и тот же эскиз может использоваться для создания нескольких конструктивных элементов или нескольких контуров одной детали.
- наложение зависимостей путем перетаскивания. Определение возможных зависимостей, изменение размеров эскиза и наложение зависимостей может производиться путем перетаскивания геометрических объектов
- универсальное нанесение размеров. Нанесение размеров различных типов может осуществляться с помощью одной функции
- использование имеющихся ребер. Использование метода проецирование ребер существующих граней для создания геометрии эскиза

Существует два стиля геометрических объектов эскиза:

- стандартный стиль геометрии. Геометрические объекты этого стиля используются для построения конструктивных элементов. Геометрические объекты этого стиля могут применяться для построения эскиза, однако они не используются ни для создания конструктивных элементов, ни для траекторий, разнесений и натягиваний.
- стиль геометрии. Выбирается перед ее созданием из списка **Style**, расположенного на панели **Command**. Для того чтобы изменить стиль уже имеющейся геометрии, следует сначала выбрать объекты, а затем установить требуемый стиль в списке **Style**.

Нельзя создавать эскизы профиля с петлями, которые:

- само пересекаются
- пересекаются с другими петлями (контурами)
- касаются других контуров,
- имеют более одного уровня вложенности

### 4.1.1 СРЕДА ПОСТРОЕНИЯ ЭСКИЗОВ

Новый эскиз создается на плоской грани детали, рабочей плоскости детали или рабочей плоскости изделия. Значок эскиза размещается в браузере. Построение и редактирование любой эскизной геометрии, включая такие действия над ними, как нанесение размеров и наложение зависимостей, выполняется в среде построения эскизов, которая является специальной средой в которой производится создание и редактирование эскиза. Среда построения эскизов позволяет сначала рисовать достаточно приближительные эскизы, а затем уточнять их, редактировать и модифицировать.

Среда построения эскизов включает в себя плоскость построений, на которой выполняется эскиз, и набор инструментов для создания и редактирования геометрии эскиза, включая нанесение размеров и наложение зависимостей. Среда построения эскизов активизируется нажатием кнопки **Sketch**; при этом также активизируется панель инструментов **Sketch**.

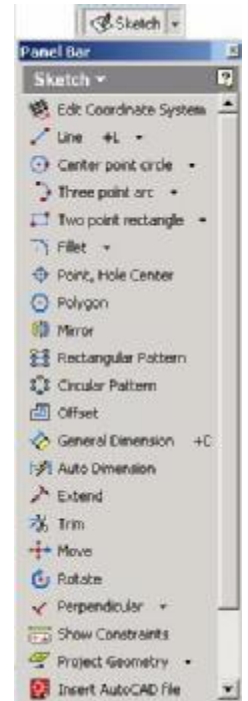
Для установки плоскости эскиза во всех случаях, кроме работы в новом файле детали, следует щелкнуть по кнопке **Sketch** на стандартной панели и далее выбрать плоскую грань, рабочую плоскость, или эскизную кривую для определения плоскости построений. Если выбрать примитив имеющегося эскиза, то этот эскиз активизируется, что позволяет отредактировать, добавив/изменив/удалив в нем геометрию. Если выбрать грань, то создается новый эскиз для редактирования. При создании нового файла детали среда построения эскизов становится активной автоматически.

После создания конструктивного элемента в браузере отображается папка конструктивного элемента, с вложенным в эту папку исходным эскизом, причем каждый эскиз имеет собственную пиктограмму. При выборе пиктограммы эскиза в браузере в графической области подсвечивается сам эскиз. Пиктограмма нового эскиза появляется в браузере, каждый раз после нажатия кнопки **Sketch**, завершающей построения эскиза, даже если ни один геометрический элемент не был создан.

Особенности пиктограмм эскизов, расположенных в браузере:

- эскиза, поглощенного конструктивным элементом (на его основе создан твердотельный элемент), располагается в браузере вложенным в соответствующий конструктивный элемент
- эскиза, построенного на детали в сборке, размещается в браузере под значком детали
- эскиза в сборке значок размещается под папкой **Origin** в браузере всего изделия

Эскиз связывается с гранью или плоскостью, даже если новые элементы геометрии не создавались. Кроме того, если эскиз был создан на грани детали, то он ограничивается ребрами этой грани. Рабочая плоскость не имеет границ и представляет собой плоскость эскиза, связанную с использовавшейся для ее создания геометрией. В дальнейшем к пустому эскизу можно возвращаться и создавать в нем новую геометрию, наносить размеры и накладывать зависимости.



### 4.1.2 СИСТЕМА КООРДИНАТ И ЭСКИЗНАЯ СЕТКА

Система координат нового эскиза представляется значками осей X и Y, которые отображаются в центре графической области и определяют ориентацию сетки эскиза, расположенной на плоскости построений.


Система координат эскиза:

- может отличаться от системы координат модели. Знак системы координат модели отображается в левом нижнем углу графической области
- может перемещаться и поворачиваться на плоскости построений. Например, начало координат можно совместить с определенной точкой, для чего нужно перетащить точку начала в нужную позицию. При изменении системы координат элемент знака системы координат (одна из осей или центр), для которого определяется новое положение, выделен.

Изменение системы координат эскиза может потребоваться для правильного позиционирования параметрических элементов, в модели, поскольку сами параметрические элементы настроены на ту систему координат, которая использовалась во время их создания. При изменении системы координат эскиза аналогично переопределяется и сетка эскиза. Направления координатных осей нельзя определять геометрией, перпендикулярной к плоскости построений.

При модифицировании эскиза можно создавать пользовательскую координатную систему, отличающуюся от координатной системы всей модели (пиктограмма которой расположена в нижнем левом углу графического окна). Пользовательскую координатную систему следует перемещать или поворачивать, прежде чем создается эскиз на плоскости детали. Перемещение координатной системы после того, как элемент уже создан и на него наложены связи, может быть причиной неожиданного результата. Линии с вер-

тикальной или горизонтальной связью и несвязанные кривые и точки перемещаются вместе с координатной системой

Для переопределения системы координат эскиза с опорой на вершину или ребро детали используется команда **Edit Coordinate System**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Sketch**. Стрелки знака системы координат указывают направление осей X и Y.

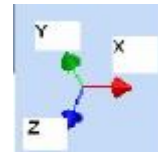
Алгоритм перемещения/поворота системы координат эскиза

1. Совместить систему координат эскиза с плоской гранью. Изменение системы координат после построения эскизной геометрии и наложения зависимостей может привести к непредсказуемым результатам. За перемещаемой системой координат эскиза соответственно перемещаются и отрезки, обладающие зависимостями горизонтальности или вертикальности, а также независимые кривые и точки. Кривые, зависящие от ребер модели, остаются на месте

2. Создать эскиз на грани детали или рабочей плоскости

3. Для изменения эскизной системы координат на пиктограмме осей (расположена рядом с центром чертежа) щелкнуть по кнопке **Edit Coordinate System** панели **Sketch**

4. Для перенаправления оси X щелкнуть на красной стрелке, оси Y — на зеленой стрелке знака системы координат эскиза, отображаемой примерно в центре графической области. Подсвеченные оси определяют, как будут направлены оси (подсвеченные оси устанавливаются в направлении выбранных элементов). Нельзя, однако, направить оси вдоль перпендикулярного элемента



5. Для перемещения системы координат щелкнуть на обозначении центра координат

6. Указать один из элементов геометрии модели для перемещения или поворота системы координат:

- вершину элемента для перемещения начала координат
- ребро элемента для поворота системы координат

7. Если необходимо, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Flip axis**

8. Если выбранная геометрия не является вершиной, то щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Select Other** для последовательного перебора всей доступной геометрии. Для выбора геометрии щелкнуть на среднем значке панели выбора

9. Если необходимо, повторить действия, начиная с шага 2.

Эскизная сетка лежит на плоскости построений и ориентирована по осям системы координат эскиза. Таким образом, перемещение или поворот системы координат влечет за собой соответствующую переориентацию сетки.

В Inventor имеется возможность задания интервала сетки и количества линий сетки. Кроме того, эскизную сетку можно отключить:

1. Для задания интервала сетки и количества линий сетки

1.1. в главном меню выбрать **Tools/Document Setting/2D Sketch**

1.2. в зоне **Snap Spacing** ввести значения интервалов. Интервалы вдоль осей X и Y задаются отдельно

1.3. в зоне **Grid Display** ввести число интервалов привязки между линиями сетки

1.4. в следующем поле указать число дополнительных линий, отображаемых между основными.

2. Отображение или скрытие эскизной сетки выполняется на вкладке **2D Sketch** открываемой по команде **Tools/Application Options**

2.1. в группе **Display** сбросить любые из флажков **Grid Lines**, **Minor Grid Lines**, **Axes**, **Coordinate System Indicator** для скрытия соответствующих элементов или установить флажки для включения их отображения

2.2. сбросить флажок **Snap to Grid** для отключения привязки к узлам сетки с заданным интервалом или установить флажок для включения привязки (режим шаговой привязки может быть включен даже в том случае, когда сама сетка скрыта)

## 4.2 СОЗДАНИЕ ЭСКИЗОВ

Существует несколько способов создания эскизов:

- созданием файла новой детали. По умолчанию, создается новый эскиз и активизируется среда работы с эскизами.

- выбором плоской грани активной детали

- перетаскиванием плоской грани активной детали

- выбором плоской грани или рабочей плоскости другой детали изделия

- перетаскиванием плоской грани или рабочей плоскости другой детали изделия

2.3. созданием нового файла сборки - разворачивание папки **Origin** для видимости исходной рабочей плоскости и выбор ее в качестве плоскости эскиза

- выбором плоской грани или рабочей плоскости изделия



Закрывается среда построения эскизов автоматически, когда:

2.4.в файле детали из панели **Features** вызывается команда построения конструктивных элементов на основе эскиза (выдавливание, вращение, сдвиг, по сечениям, пружина). Для вновь создаваемого элемента эскиз используется в качестве контура или траектории

2.5.в файле изделия выбирается одна из команд на панели **Assembly**. Среда построения эскиза также закрывается при активизации компонента или всего изделия

2.6.в файле чертежа выбирается одна из команд панели **Drawing**

2.7.Для выхода из среды построения эскиза кроме нажатия кнопки **Sketch** можно также:

2.8.щелкнуть по кнопке **Return** на стандартной панели инструментов.

- щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **End Sketch** из контекстного меню.

2.9.щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done**, что завершает выполнение команды редактирования геометрии эскиза.

Каждый новый файл имеет по умолчанию рабочую плоскость, которая пересекает исходные XYZ координаты. Показ пересекающихся плоскостей помогает создавать элементы с нужной точностью. Для просмотра пересекающихся плоскостей необходимо выбрать опцию **Isometric View** в контекстном меню графической зоны:

2.10.В браузере щелкнуть на плюсе рядом с папкой **Origin**

2.11.Выбрать пересекающиеся плоскости для показа, затем щелкнуть правой кнопкой и выбрать из меню **Show**

1.Если требуется, выполнить одно из следующих действий:

- для изменения размера пересекающейся плоскости, установить курсор над углом для показа символа изменения размера, затем перетащить угол

- для поворота пересекающейся плоскости поместить курсор над кромкой для показа символа поворота, затем перетащить кромку

2.12.Для присвоения плоскости статуса активной необходимо щелкнуть кнопке **Sketch** и затем щелкнуть по пересекающейся плоскости. Скрытая центральная точка существует на пересечении этих плоскостей.

Элементы создаются из 2D-эскизов и комбинируются для создания детали, а детали соединяются в сборку. Для того чтобы начать построение контура эскиза «с чистого листа», следует открыть новый файл детали и выбрать нужную команду из инструментальной палитры. Линии эскиза строятся в графической области. В процессе построения линий (когда на эти линии могут быть наложены зависимости) вблизи курсора отображаются вспомогательные символы, такие как символ перпендикулярности или вертикальности. Для того чтобы замкнуть геометрию эскиза, следует указать мышью начальную точку. Для завершения команды нажать клавишу ESC или кнопку **Done**.

Эскизы на чертежном листе находятся в слое, связанном с нижележащим чертежным листом. Если чертежный вид выделен, когда активизируются инструменты создания эскиза, получившийся эскиз будет связан с выбранным видом.

Алгоритм создания эскиза в новом файле:

1.Нажать кнопку **New** для создания нового файла.

2.Дважды щелкнуть на:

- значке файла детали **Standard.ipt** для выбора его в качестве шаблона нового файла

- значке файла изделия **Standard.iam** для выбора его в качестве шаблона нового файла изделия

3.Выполнить команду **Tools/Document Settings**. В диалоговом окне **Document Settings** настроить шаг сетки в пространстве **Grid Snap Spacing** и установить флажок **Grid Display**

4.Выполнить команду **Tools/Application Options**. На вкладке **Sketch** диалогового окна **Application Options** установить опцию **Display** и активировать или деактивировать **Snap to Grid** для более легкого размещения эскизных элементов

5.Установить сетку в пространстве, необходимую для быстрого размещения эскизных элементов. Для отображения координатной плоскости в файле сборки выбрать папку **Origin** в браузере, развернуть ее, щелкнуть правой кнопкой мыши и включить видимость

6.Вызвать команду **Sketch** и указать ребро рабочей плоскости в качестве плоскости построения эскиза

7.При необходимости использовать кнопку зуммирования окна **Zoom Window** на панели инструментов **Standard** для создания удобного вида окна, в котором будете создаваться эскиз

8.Вызвать одну из команд панели **Sketch** и, указывая необходимые позиции в графической области, построить первый элемент эскиза

9.Продолжить построение эскизной геометрии с помощью команд панели **Sketch**.

10.Для работы с группой элементов, необходимо активировать кнопку выбора группы эскизных элементов **Select**, затем щелкнуть в графическом окне и протянуть курсор для образования рамки выбора вокруг элементов

11.Использовать размерные элементы для настройки эскизных элементов или для добавления размеров между элементами эскиза в эскизе и элементов в нижележащем чертежном виде. Если используются размеры для установки размера элементов в титульном блоке или рамке, то эти размеры будут скрыты, когда редактирование будет закончено

12.Для завершения редактирования нажать кнопку **Sketch**

13.Нажать кнопку **Save** для сохранения файла. Существует три способа сохранения эскиза:

- **Active Window on Save** – эскиз сохраняется в виде активного окна. В этом случае эскиз будет отражать результат обновления содержимого в графической зоне

- **Active Window** - - этот вид сохранения требует применения опции **Capture** для задания предварительного вида эскиза, который должен быть сохранен в файле. Предварительный вид эскиза будет отражать содержимое перехваченной графической зоны

- **Import from File** - этот вид сохранения требует применения опции **Import** для задания предварительного вида эскиза, который, будет представлять собой пиктограмму размером 120x120 пикселей, представленную в окне выбора файла

При создании эскиза в новом файле детали уже имеется плоскость построений. Однако в конструкторской практике в большинстве случаев имеется ситуация, что базовый элемент (первый в этом файле) уже создан, тогда пользователь может использовать для создания эскиза плоскую поверхность твердотельной детали или рабочую плоскость. Если грань не является плоской (например, грань цилиндра или тора), то для нового эскиза нужно создать рабочую плоскость. Если нужная грань не видна, следует нажать клавишу F4 и, удерживая ее, поворачивать модель.

Алгоритм создания/редактирования эскиза на рабочей плоскости или плоской грани:

1. Щелкнуть по кнопке **Sketch** на панели инструментов **Command** для активации эскиза

2. Если необходимо, нажать клавишу F4 и повернуть деталь, пока не станет видимой поверхность, на которой будет выполняться эскиз

3. Указать плоскую грань или рабочую плоскость для совмещения с ней плоскости построений. Координатные оси эскиза XY накладываются на выбранную плоскость

4. Построить эскиз с помощью команд панели **Sketch**

5. Инструменты **Sketch** всегда создают новый эскиз. Для редактирования имеющегося эскиза можно щелкнуть правой кнопкой мыши на значке эскиза в браузере и выбрать пункт контекстного меню **Edit Sketch**

После того, как из эскиза создана модель, можно вернуться в среду построения эскизов и внести необходимые изменения, или начать новый эскиз для нового конструктивного элемента.

При работе со сборкой эскиз можно создавать на грани любой имеющейся детали. При этом характеристики эскиза зависят от выбранной грани. Алгоритм создания эскиза на грани другой детали:

1. Щелкнуть по кнопке **Sketch**

2. Выполнить одно из действий:

- выбрать плоскую грань неактивной детали для создания эскиза в активной детали на адаптивной рабочей плоскости

- выбрать и перетащить плоскую грань активной детали для создания эскиза на смещенной рабочей плоскости

- выбрать и перетащить плоскую грань неактивной детали для создания эскиза на адаптивной рабочей плоскости и наложения зависимости совмещения с учетом величины смещения

3. Построить геометрию эскиза с помощью команд панели **Sketch**. Завершить работу с эскизом нажатием кнопки **Return**

4. Сформировать конструктивный элемент с помощью команд панели **Sketch**

При доработке законченного эскиза могут применяться связующие конструктивные элементы. Конструктивные элементы не требуются для создания формы эскиза, они позволяют управлять формой и размерами профиля.

1. В диалоговом окне **Style** выбрать тип линии **Construction**

2. В графическом окне выбрать необходимые для создания связующих элементов эскизные инструменты

3. В диалоговом окне **Style** выбрать **Normal** для возврата к обычному эскизному стилю.

При работе со сборкой эскиз можно создавать не только в файле имеющейся в нем детали, но и в файле самого изделия. Значок эскиза размещается в папке **Origin** в браузере всего изделия. Алгоритм создания эскиза в изделии:

1. При необходимости создания рабочей плоскости использовать команду **Work Plane** на панели **Assembly**

2. Перейти в режим редактирования 2D эскиза.

3. Выбрать плоскую грань детали или рабочую плоскость для создания плоскости построений.

4. Построить геометрию эскиза с помощью команд панели **Sketch**. Завершить работу с эскизом нажатием кнопки **Return**

5. Для создания конструктивного элемента использовать команды панели **Assembly**

### 4.2.1 КОМАНДЫ КОНТЕКСТНОГО МЕНЮ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ЭСКИЗОВ

Контекстное меню созданного эскиза содержит следующие команды:

- **Edit Coordinate System** – редактирование расположения системы координат
- **Edit Sketch** – редактирование геометрии и зависимостей эскиза
  - **Redefine** – переопределение плоскости построения имеющегося эскиза
  - **Share Sketch** – создание общедоступного эскиза контура.
  - **Create Note** – создание заметок с помощью блокнота инженера
  - **Visibility** – команда задания эскиза видимым/невидимым



В некоторых случаях бывает необходимо изменить плоскость построений для имеющегося эскиза. Для этого нужно щелкнуть правой кнопкой мыши в браузере на значке эскиза, выбрать **Redefine** из контекстного меню, указать плоскую грань или рабочую плоскость, а затем наложить необходимые размеры и зависимости для позиционирования и задания формы эскиза.

Переносом эскиза на другую плоскость построений можно решать следующие задачи, возникающие в процессе конструирования:

- изменение ориентации конструктивного элемента детали путем связывания его эскиза с другой гранью или рабочей плоскостью
- удаление конструктивного элемента с возможностью сохранения эскиза. После переноса оставшегося эскиза на другую грань или рабочую плоскость можно строить новый конструктивный элемент
- редактирование конструктивного элемента, в результате чего исчезает грань, на которой построен эскиз. Это может произойти, например, при изменении операции объединения на вычитание для элемента выдавливания. В таком случае, после переноса эскиза на другую грань или рабочую плоскость и нанесения необходимых размеров и зависимостей, можно строить новый конструктивный элемент.

Перенос имеющегося эскиза на другую плоскую грань или плоскость построений выполняется:

1. Выбрать в браузере эскиз для связывания его с другой плоскостью построений
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать команду контекстного меню эскиза **Redefine**
3. Указать плоскую грань или рабочую плоскость, определяющую новую плоскость построений
4. После смены плоскости построений может потребоваться нанесение новых размеров и наложение зависимостей на геометрию эскиза

5. После переопределения эскиза вся геометрия, включая зависимую и образмеренную, переходит в новую плоскость построений. Если необходимо, излишнюю геометрию можно удалить

**SHARE SKETCH** – общедоступный эскиз контура Эскизы, поглощенные конструктивными элементами, можно использовать повторно, как контур для построения новых конструктивных элементов. Например, можно использовать эскиз имеющегося конструктивного элемента для выдавливания в противоположную от элемента сторону. Другой вариант — выдавливание в сторону имеющегося конструктивного элемента для выполнения выреза. В итоге получается два отдельных конструктивных элемента, которые, тем не менее, используют один общедоступный эскиз контура

В браузере общедоступный эскиз представляется как копия исходного эскиза и отображается отдельным значком, помещаемым в браузер выше значка конструктивного элемента, в котором содержится исходный эскиз. Копия эскиза имеет тот же номер (или заданное пользователем имя), что и исходный эскиз. Это позволяет легко отслеживать, из какого исходного эскиза образован тот или иной общедоступный эскиз.

Общедоступный эскиз можно активизировать и редактировать, добавляя/изменяя геометрию, размеры и зависимости. Любые изменения в общедоступном эскизе приводят к обновлению всех конструктивных элементов, использующих этот эскиз. Например, после изменения размеров общедоступного эскиза происходит соответствующее изменение размеров конструктивных элементов, построенных на этом эскизе

Алгоритм создания общедоступного эскиза:

1. Найти в браузере конструктивный элемент, эскиз которого нужно сделать общедоступным
2. Раскрыть папку конструктивного элемента для отображения значка его эскиза
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши на значке эскиза и выбрать **Share Sketch** из контекстного меню
4. Пиктограмма копии эскиза размещается над созданным с его помощью элементом в браузере
5. При необходимости добавить размеры, элементы или новые примитивы.

Рассечение графики. Плоскость, на которой необходимо создать эскиз, может быть закрыта элементом детали или скрыта внутри модели. В режимах вывода тонированных изображений твердотельных мо-

делей, а также при их представлении со скрытыми кромками, при наличии плоскости эскиза, рассекающей твердое тело, пользователь может временно отсечь часть изображения детали, используя рассечение/расслоение графики. Рассечение графики (**Graphics Slicing**) является методом, при котором тонированная твердотельная деталь разрезается по текущей плоскости эскиза, и от нее отсекается часть, находящаяся «выше» плоскости эскиза по оси Z. Алгоритм создания плоскости эскиза временным рассечением детали:

1. Создать твердотельную деталь
2. Выбрать метод тонирования – сплошной или со скрытыми кромками
3. Повернуть модель так, чтобы часть, которую нужно удалить, была на переднем плане
4. Щелкнуть по кнопке **Sketch** и выбрать плоскость черчения или рабочую плоскость для черчения (возможно, следует предварительно построить рабочую плоскость)
5. Перейти в режим эскиза, выбрав рабочую плоскость в качестве активной эскизной плоскости
6. В дереве браузера найти эту рабочую плоскость и в ее контекстном меню выбрать команду **Slice Graphics**
7. Графическое изображение детали будет рассечено. Часть детали расположенная выше рабочей плоскости будет временно удалено по плоскости черчения (ее границы показываются подсвеченной линией), а на экране останется нижняя часть детали и рабочая плоскость, являющаяся эскизной плоскостью
8. С помощью инструментов создания эскизов, расположенных на панели инструментов **Sketch** выполнить необходимые построения на эскизной плоскости
9. Для восстановления срезанной части в контекстном меню эскиза выбрать команду **Slice Graphics** или щелкнуть по кнопке **Sketch** для завершения создания эскиза

### 4.2.2 КООРДИНАТНЫЕ ПЛОСКОСТИ ЭСКИЗА

Каждый новый файл имеет скрытые рабочие плоскости по умолчанию, которые пересекаются в центре системы координат (XYZ). Значки координатных плоскостей и точки центра располагаются в браузере в папке **Origin**. Каждую из этих плоскостей можно отобразить в графической области и использовать для построения конструктивных элементов. Кроме того, относительно координатных плоскостей и точки центра можно симметрично отображать имеющиеся детали

Для отображения опорных плоскостей сначала рекомендуется вызвать контекстное меню в графической области и выбрать опцию **Isometric**. Для построения эскиза на координатной плоскости следует выбрать ее, а затем нажать кнопку **Sketch**

Если включить отображение координатных плоскостей, то они видны при просмотре модели, как в каркасном, так и в тонированном виде:

1. Раскрыть папку **Origin** в браузере, щелкнув на значке «плюс» рядом с ней.
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши в браузере на значке одной из координатных плоскостей и включить опцию **Visible** в контекстном меню.
3. Если необходимо, выполнить любые действия из следующих:
  - о для изменения размеров отображаемой части координатной плоскости подвести курсор к углу изображения плоскости до появления значка изменения размеров, а затем перетащить угол в нужную позицию
  - о для перемещения отображаемой части координатной плоскости подвести курсор к ребру изображения плоскости до появления значка перемещения, а затем перетащить ребро в нужную позицию.

Эскизы и конструктивные элементы можно создавать в любом месте графической области, однако большинство деталей требует привязки к определенной опорной точке в пространстве. Местоположение этой точки может быть произвольным, но на ней базируется пересчет всех конструктивных элементов. Например, на пересечении координатных плоскостей располагается точка центра; но по умолчанию она скрыта, однако ее можно создать и наложить на нее зависимость фиксации, или с помощью команды **Project Geometry** спроецировать точку центра на плоскость построений.

### 4.2.3 ИЗМЕНЕНИЕ ТИПА ЛИНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ЭСКИЗЕ

Поведение геометрии эскиза зависит от присвоенного ей типа линий. При работе с файлами чертежей доступны все типы линий, определенные заданными стандартами оформления. При работе с файлами деталей и сборок для создания эскиза доступны следующие типы линий:

- **Normal** – обычные. Тип линий по умолчанию. Геометрия эскиза, выполненная обычными линиями, поглощается конструктивными элементами
- **Construction** – вспомогательные. Вспомогательная геометрия служит инструментом для построения эскизов параметрических элементов. Такая геометрия сохраняется в эскизах, но не поглощается конструк-



тивными элементами. Вспомогательную геометрию можно связывать зависимостями с обычной геометрией.

- **Centerline** – осевые. Осевые линии — это разновидность вспомогательных линий. Они используются как визуальный инструмент для обозначения вспомогательных осей и образмеривания точек на продолжениях осей, равноудаленных от заданной геометрии.

- **Reference** – справочные. Этот тип линий автоматически присваивается геометрии, спроецированной с имеющихся ребер детали. Заимствованная геометрия ассоциативна, то есть автоматически обновляется при изменении исходных ребер детали. Если геометрии, имеющей тип заимствованных линий, назначить другой тип линий, то геометрия теряет ассоциативность

Изменение типа линий производится только в режиме работы с эскизом, и выполняется с помощью раскрывающегося списка **Style** командной панели. Тип линий можно изменять как для имеющейся геометрии, так и для вновь создаваемой.

Вспомогательная геометрия используется при построении сложных эскизов. При работе с простыми эскизами можно обойтись без вспомогательной геометрии, однако даже там она полезна для задания размеров и форм профилей.

1. В списке **Style** выбрать опцию **Construction**

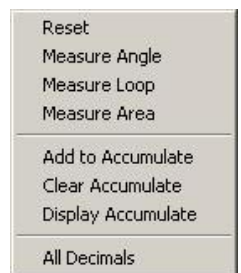
2. В графической области с помощью команд панели **Sketch** построить необходимую вспомогательную геометрию.

3. В списке **Style** выбрать **Normal** для возврата к обычному типу линий.

Можно также сначала построить геометрию эскиза, а затем, выбрав имеющуюся геометрию, задать для нее тип вспомогательных линий из списка **Style**.

## 4.24 СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ И КОНТУРОВ ЭСКИЗА

Для измерения расстояния, угла, периметра или площади используются средства измерения в меню **Tools**. Результаты отображаются в диалоговом окне **Measure ...**. Щелчком по треугольнику открывается список опций:



- **Reset** – сброс текущего измерения. Использовать при смене режима измерений
- **Measure Distance** – длины отрезка, дуги, кратчайшего расстояния между точками, радиуса и диаметра круга, положения элементов в активной системе координат
- **Measure Angle** – переход к измерению угла между двумя отрезками, ребрами или точками

- **Measure Loop** – переход к измерению периметра граней или других замкнутых элементов геометрии

- **Measure Area** – переход к измерению площади замкнутого контура

- **Add to Accumulate** – добавить к сумме. Накапливает сумму измерений

- **Clear Accumulate** – обнулить сумму выполненных измерений

- **Display Accumulate** – отображение накопленной суммы измерений

- **All Decimals/System Decimals** - отображение 8 значений форматирования и опцию отображения десятичных значений

### 4.2.5 ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗОВ

При создании эскизов могут использоваться следующие рекомендации:

- **нахождение требуемой точки.** При создании отрезков, для нахождения средней точки, центра или пересечения следует использовать опции контекстного меню

- **изменение стиля осевой линии.** Осевая линия может быть нормальной или конструкционной, для изменения стиля линии следует использовать опции контекстного меню

- **планирование изменений.** Размеры ограничивают размеры линии, не рекомендуется создавать размеры на части линии элемента, которая имеет возможность меняться (быть адаптивной)

- **использование нескольких элементов.** Для уменьшения количества необходимых элементов следует создавать профили с наименее возможным количеством граней и сегментов

- **использование связей элементов.** Ищите возможность использовать связи элементов. Используйте связи элементов для кривых, которые не используются в профиле или детали, но могут помочь в создании завершеного эскиза.

- **перетаскивание эскизных элементов.** Для изменения размера или формы профиля необходимо использовать инструмент выбора **Select** на панели инструментов **Command**, а затем выбрать и перетащить любые несвязанные с другими линии или точки в эскизе

- **использование окна выбора.** Для выбора всех эскизных элементов, заключенных в окно выбора, сначала следует щелкнуть на направленной вниз стрелке на кнопке **Select**, затем выбрать опцию **Sketch Tasks** и создать рамку выбора указанием ее диагональных точек

- **принятие размеров эскизов по умолчанию.** Рекомендуется поначалу оставлять размеры эскиза как есть, не задавая точных величин. Нанесение точных размеров лучше выполнять после того, как форма эскиза будет определена необходимыми зависимостями. Если эскизы используются адаптивными конструктивными элементами, то рекомендуется оставлять элементы эскиза необразмеренными для возможности изменения их размеров при вставке в изделие

- **закрепление эскизов размерами.** При образмеривании лучше сначала задать размеры объектов, определяющих габариты эскиза, оставив при этом мелкие элементы эскиза недоопределенными, т.к. при уточнении размеров небольшие элементы окажутся менее подвержены искажениям. Чтобы избежать искажения эскиза во время изменения размеров, сначала следует изменять небольшие значения, которые становятся меньшими и большие значения, которые должны стать большими. Затем менять маленькие размеры, которые должны стать больше и большие, которые должны стать меньшими

- **удалять ненужные элементы.** Использование инструмента **Return** для удаления сегмента линии и дуги одновременно, в обратном порядке

Следующие приемы позволяют существенно повысить эффективность и производительность работы с Inventor.

- **упрощение эскиза детали.** Эскизы следует делать по возможности более простыми. Проще работать с отдельным объектом эскиза, чем с несколькими. Наиболее эффективно объединять простые эскизы в сложные формы. Например, не следует сопрягать линии эскиза, если того же результата можно достичь последующим сопряжением граней модели

- **повторение простых форм.** Если проект имеет повторяющиеся элементы, лучше всего создать один эскиз, а остальные получать копированием или с помощью массива

- **соблюдение примерных размеров и формы.** Эскизы, построенные с приблизительным соблюдением размеров и форм, менее подвержены непредсказуемым искажениям при дальнейшем наложении зависимостей и нанесении размеров. С самого начала создания эскиза рекомендуется использовать сетку, что уменьшает вероятность искажения проекта при добавлении размеров или зависимостей. Использование сетки и шаговой привязкой во время построения эскизов упрощает позиционирования геометрии

- **стабилизация формы эскиза перед нанесением размеров.** Для определения формы и связей между элементами геометрии рекомендуется накладывать зависимости, прежде чем задавать и редактировать размеры. Перетаскиванием конечных точек линий эскиза можно убедиться, что наложены требуемые зависимости. Для придания эскизу требуемых пропорций и формы необходимо использовать команды редактирования

- **использование замкнутых контуров в эскизах.** Контуры, используемые как эскизы для построения объемных тел, не должны иметь зазоров. Для замыкания контуров следует использовать обрезку или удлинение кривых. При этом кривые должны соединяться в конечных точках с наложением зависимостей совмещения

- **использование стилей геометрии.** При распознавании контуров и траекторий видны только геометрические объекты выполненные в стиле обычных линий. Для сложных эскизов распознавание контура производится гораздо быстрее, если все вспомогательные геометрические объекты имеют стиль вспомогательных линий.

### 4.2.6 СОКРАЩЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЭСКИЗОВ И ИХ РЕДАКТИРОВАНИИ

- **сохранение эскизов как параметрических элементов,** чтобы их можно было использовать в других деталях

- **построение отрезков от окружности или дуги.** Для построения радиального отрезка мышью следует перемещать перпендикулярно дуге или окружности, а для построения касательной — по касательной к дуге или окружности

- **построение перпендикулярного отрезка от середины** другого отрезка (а не от его конечных точек). При таком способе построения зависимость перпендикулярности накладывается автоматически

- **построение дуги от конца отрезка.** Для изменения направления дуги следует вернуть курсор к конечной точке отрезка


- **построение сплайна, касательного к отрезку**, от конца этого отрезка. При построении сплайна, касательного к отрезку, рекомендуется **выбрать** конечную точку отрезка и перемещать мышь вдоль этого отрезка
- **наложение зависимости совмещения**. Когда построение нового отрезка, дуги или окружности начинается от имеющегося отрезка, Inventor автоматически предполагает зависимость совмещения с серединой, конечной или внутренней точкой отрезка
- **использование середин отрезков**. При помещении курсора в середину отрезка подсвечивается индикатор привязки к ней. В середину отрезка можно перетаскивать другие имеющиеся точки
- **использование клавиши SHIFT** при перетаскивании. Все возможности перетаскивания, за исключением построения касательных к сплайну, работают и при нажатой во время перемещения курсора клавише SHIFT
- **одновременное перетаскивание** нескольких отрезков, кривых или точек. Для одновременного перетаскивания нескольких геометрических объектов следует выбрать объекты при нажатой клавише CTRL, а затем захватить и перетащить объект, выбранный последним
- **переключение между режимами обрезки и удлинения**. Для переключения между обрезкой и удлинением следует нажать клавишу SHIFT или выбрать требуемую функцию из контекстного меню
- **отключение автоматического наложения зависимостей**. Для того чтобы не происходило автоматического наложения зависимостей, необходимо удерживать нажатой клавишу CTRL при построении линий эскиза
- **выбор кривых для наложения зависимостей**. При построении эскиза выбрать геометрический объект для наложения зависимости можно, проведя по нему мышью
- **выбор набора контуров**. Для определения выдавливаемого, сдвигаемого или вращаемого эскиза можно указать сразу несколько контуров. Контуры могут располагаться обособленно, быть вложенными или пересекаться. На основе такого сложного эскиза получается один конструктивный элемент.

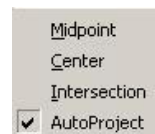
## 4.3 КОМАНДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭСКИЗА

Пиктограммы команд, предназначенных для создания эскизов, находятся на панели инструментов **Sketch**. Некоторые команды построения эскизов имеют несколько вариантов выполнения. Об этом говорит стрелка рядом с кнопкой в палитре. Нажатие стрелки приводит к открытию подменю.

### 4.3.1 ТОЧКИ (POINTS)

Точки могут быть как центром окружности, так и точками примитивов. Пользователь определяет стиль точек как центр окружности (по умолчанию) или точку примитива **Sketch Point** в диалоговом окне **Style** на панели **Command**. В графической зоне центр окружности показывается перекрестием, а точка примитива показывается точкой.

Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по кнопке  **Point** на панели **Sketch**. Для точного позиционирования точки на существующем примитиве, в контекстном меню графической зоны при активном инструменте **Point**. Выберите **Midpoint** (середина), **Center** (центр), или **Intersection** (пересечение), затем установите курсор в необходимом месте и щелкнуть мышью. Для привязки точки к существующему элементу следует перемещать курсор над примитивом, пока появится нужный символ привязки.



- **Hole Center** - центр окружности. Автоматически выбирается при создании окружности
- **Sketch point** - точка примитива. Используется для размещения эскизного примитива

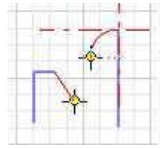
Алгоритм создание центров отверстий и эскизных точек:


1. Выбрать грань детали или рабочую плоскость в качестве плоскости построений
2. При необходимости изменить точку центра отверстия на эскизную точку. Для этого на командной панели нажать стрелку вниз и выбрать **Sketch point**
3. Щелкнуть по кнопке **Point** на панели инструментов **Sketch**
4. Для связывания точки с имеющейся геометрией навести курсор на нужную позицию на геометрии до появления значка совмещения, затем щелкнуть мышью.
5. Для точного позиционирования точки на имеющейся геометрии вызвать контекстное меню и выполнить одно из действий:
  - выбрать **Midpoint**, затем указать отрезок или кривую
  - выбрать **Center**, затем указать окружность или эллипс. При наложении зависимости на точку середины отрезка или дуги автоматически создается эскизная точка

- выбрать **Intersection**, затем указать два пересекающихся элемента эскиза
- 4. Щелкнуть мышью для указания позиции новой точки на имеющейся геометрии или в свободной области плоскости построений.


### 4.3.2 ЛИНИЯ (LINE) И СПЛАЙН (SPLINE)

Линейные сегменты и их дуги, посегментно соединенные между собой, являются однокривыми, чьи конечные точки соединены и связаны зависимостями совмещения. Таким образом, при наложении новой зависимости на одну из кривых или когда кривые присоединяются к другим примитивам, все присоединенные сегменты (отрезки и дуги) также изменяют свое местоположение.



Для построения линейного сегмента необходимо щелкнуть по кнопке  **Line** на панели инструментов **Sketch**, затем курсором указать начало сегмента в первой выбранной точке и закончить указанием второй точки. Линейные сегменты могут создаваться соединенными, пока пользователь не закончит действие команды двойным щелчком.

Команда **Spline** позволяет создавать плавную кривую, проходящую через множество указанных точек с изменением радиуса кривизны. Точки сплайна могут быть частично или полностью связаны зависимостями с другими объектами. Зависимости относительно имеющейся геометрии на точки сплайна могут накладываться по мере построения кривой. Однако наложение зависимостей и размеров можно выполнить и позже.

Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по направленной вниз стрелке справа от кнопки **Line/Spline** на панели **Sketch**, а затем щелкнуть по кнопке  **Spline**. Если первая заданная точка является конечной точкой другой кривой, то создается касательный сплайн в направлении дуги. Пользователь должен указать следующую точку, затем последовательно указать точки, через которые должен проходить сплайн. Чтобы закончить построение, необходимо дважды щелкнуть по конечной точке или в контекстном меню выбрать команду **Done**.



Сплайны строятся по эскизным точкам. Положение промежуточных точек сплайна рассчитывается автоматически. Особенности создания сплайнов:

- для построения сплайна можно выбирать эскизные точки, рабочие точки, середины и конечные точки отрезков, вершины, центры дуг и окружностей.
- для создания сплайна, касательного к линии или дуге, следует нажать клавишу мыши, установив указатель на конечной точке линии или дуги, и протянуть курсор для создания сплайна
- если первая точка сплайна совпадает с конечной точкой другой кривой, то перетаскиванием конца сплайна можно создать касательный сплайн. Далее указываются все остальные точки сплайна
- для перемещения всего сплайна следует щелкнуть по нему и перетащить в нужное место
- редактирования сплайна созданного с помощью инструмента **Point** для создания точек в активном эскизе:

- о чтобы изменить сплайн, следует найти конечную точку и переместить ее. Конечная точка на противоположной стороне сплайна остается зафиксированной

- о можно изменить положение сплайна путем добавления и изменения размеров и связей для изменения положения точек сплайна

- о добавить точки вдоль кривой сплайна с помощью щелчка правой кнопки

- о выбрать конечную или любую другую точку сплайна с помощью кнопки **Select** и перетащить в новое местоположение

- о перетаскивание геометрии, связанной с определяющей точкой сплайна, в новое местоположение

- о если одну из точек сплайна перетаскивать, удерживая нажатой клавишу **Alt**, то остальные независимые точки сплайна также перемещаются, пытаясь сохранить форму сплайна

- размер, проставляемый на сплайне, может быть привязан только к конечной точке сплайна. Регулирование размера сплайна производится нанесением:

- о размеров на точки сплайна относительно другой геометрии или других точек того же сплайна

- о радиального размера на регулятор кривизны для регулирования радиуса дуги сплайна в данной точке

- о размера длины без единиц на регулятор ручек для регулирования расстояния, на котором регулятор ручек является касательной к сплайну. Рекомендуется начать с размера 1,0 и далее наблюдать за результатами его изменения на 0,5 или 2,0.

- для управления формой сплайна налагаются зависимости, как между точками самого сплайна, так и относительно другой геометрии

- о наложение зависимости касательности между сплайном и другой кривой





- наложение зависимости на точки сплайна относительно другой геометрии или точек самого сплайна
- наложение зависимостей на регуляторы ручек или кривизны для регулирования отношений между сплайном и другой геометрией

Для изменения сплайнов в активном эскизе использовать опции контекстного меню

• **Fit Method** - управление формой кривой по определяющим точкам. Данная команды имеет три опции, каждая из которых дает больше возможностей для управления **Smooth** (обычная плавность), **Sweet** (повышенная плавность), **AutoCAD** (как в AutoCAD). Сравнение методов приведено в таблице



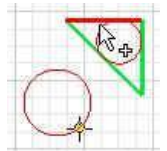
Характеристика	AutoCAD	Smooth	Sweet
Минимальная непрерывность	G2	G3	G3
Пригодность для поверхностей класса A	Нет	Да	Да
Поддержка касательных в конечных точках	Да	Да	Да
Поддержка внутренних касательных	Нет	Да	Да
Поддержка зависимостей для кривизны	Нет	Да	Да
Перенос не связанных зависимостями внутренних точек для поддержания формы	Нет	Да	Да
Распределение кривизны по всему сплайну	Нет	Нет	Да
Контроль за натяжением	Нет	Нет	Да
Соответствие сплайнам AutoCAD	Да	Нет	Нет
Большой объем данных	Нет	Нет	Да


Для визуального сравнения разных методов рекомендуется включить опцию **Display Curve** в контекстном меню


- **Insert Point** – наложение формообразующей точки на сплайн
- **Close Spline** – создание замкнутого контура путем соединения начальной и конечной точек сплайна
- **Display Curvature** – гребенки кривизны помогают увидеть различия между формами кривой в отношении гладкости сплайна. Гребенки кривизны усиливают разрывы кривой. Такое изображение сплайна позволяет анализировать кривизну и гладкость сплайна, просматривая наглядно отображаемые радиусы кривизны. Длина каждого отображаемого радиуса приводится к масштабу вида модели.

#### 4.3.3 ОКРУЖНОСТЬ (CIRCLE) И ЭЛЛИПС (ELLIPSE)


Окружность может быть создана по центральной точке и радиусу, или как касательная к трем линиям. Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по направленной вниз стрелке рядом с кнопкой **Circle** на панели **Sketch**, затем щелкнуть по кнопке с нужным типом окружности:



•  - черчение окружности с указанием центра. Создается окружность, заданная центром и точкой на ее радиусе (из этой точки в дальнейшем может строиться линия, дуга, круг или эллипс). Первым щелчком показываете центральная точка, вторым щелчком задается радиус. Если позиция второго выбора лежит на отрезке, дуге, окружности или эллипсе, то на создаваемую окружность накладывается зависимость касательности.

•  - касательная окружность. Создается вписанная окружность, касательная к трем линиям. Первый щелчок устанавливает касательную точку окружности и первой линии. Вторым щелчком указываете вторую касательную точку окружности и второй линии. Третья точка определяет диаметр окружности (касательность к третьей линии)

Для построения окружности необходимо выбрать грань детали или рабочую плоскость в качестве плоскости построений.

Для построения эллипса необходимо щелкнуть по направленной вниз стрелке рядом с кнопкой **Circle/Ellipse** на панели **Sketch**, и нажать кнопку  **Ellipse**. При построении эллипса задаются точка центра, главная (большая) ось и вспомогательная точка, определяющая малую ось. Первый щелчок указывает центральную точку, второй - направление и длину оси, третий щелчок указывает любую точку на эллипсе.



Для построения эллипса необходимо выбрать грань детали или рабочую плоскость в качестве плоскости построений. Так же как и другие кривые, эллипсы можно обрезать и удлинять.

Команды панели эскиза позволяют задать размер эллипса и его отношение к другим геометрическим элементам:

- команда **Dimension** позволяет нанести размеры большой и малой осей эллипса.
- команды **Parallel** и **Perpendicular** позволяют связать зависимостями оси эллипса и другие геометрические элементы.
- команда **Tangent** позволяет связать зависимостями эллипс и другой отрезок, дугу или эллипс.

Для создания другого эллипса, подобного исходному, используется команда **Offset**, имеющая две опции, влияющие на результаты смещения геометрии эллипса:

- **Loop Select** - выбор замкнутого контура
- **Constraint Offset** - задание равного расстояния между смещенной геометрией и исходным эллипсом.

Результатом является математический эллипс или ассоциативный сплайн, смещенный на равном расстоянии от эллипса в зависимости от выбранной точки смещения на исходном объекте. Точка выбора эллипса определяет тип смещенной геометрии: эллипс или ассоциативный сплайн. Если ось при построении видима, смещенный объект является эллипсом; если ось скрыта, смещенный объект является ассоциативным сплайном.

Алгоритм смещения геометрии от эллипса:




- 1.Щелкнуть на стрелке-треугольнике справа от подменю **Circle** и выбрать **Ellipse**. Построить эллипс.
- 2.Вызвать команду **Offset**. Форма эллипса определяется перемещением указателя мыши. Если навести указатель мыши на точку пересечения формы эллипса и одной из его осей, то соответствующая ось становится видимой. Если команда выполняется, когда ось видима, то в результате строится эллипс. Если ось невидима, то строится сплайн.
- 3.Щелкнуть на эллипсе/
- 4.Переместить курсор в необходимом направлении для размещения подобной геометрии. Щелкнуть для задания положения подобной геометрии.
- 5.Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done** из контекстного меню.
- 6.Если в результате выполнения команды строится ассоциативный сплайн, то следует задать величину смещения командой **Dimension**.
- 7.Для наложения зависимостей и нанесения размеров на смещенный сплайн и эллипс в отдельности можно разорвать ассоциативную связь между эллипсом и сплайном смещенной геометрии.

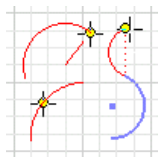
Для управления сплайном и эллипсом по отдельности можно разорвать связь между ними.

- 1.При необходимости щелкнуть правой кнопкой мыши на эскизной геометрии в графической области или на значке эскиза в браузере и выбрать **Edit Sketch**.
- 2.Щелкнуть правой кнопкой мыши на смещенном с эллипса и связанном с ним сплайне и выбрать **Redefine Spline**. К сплайну добавляется определяющая точка и формообразующие точки. Формообразующие точки могут быть связаны размерами или зависимостями с определяющей точкой, их также можно перетаскивать мышью
- 3.Для изменения формы сплайна щелкнуть правой кнопкой мыши и использовать любую опцию редактирования сплайна для добавления точек, отображения кривизны, выбора формы кривой, изменения натяжения и изменения формы кривой.

### 4.3.4 ДУГА (ARC)

Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по направленной вниз стрелке рядом с кнопкой **Arc** на панели **Sketch**, и нажать кнопку с нужным типом дуги:

-  дуга по трем точкам. Создается дуга, определяемая двумя конечными точками и точкой, принадлежащей дуге. Первый щелчок определяет первую конечную точку, второй устанавливает вторую конечную точку (длину хорды), и третий щелчок показывает направление дуги и радиус.
-  дуга по центральной точке. Создается дуга, определяемая ее центральной точкой и двумя конечными. Первый щелчок устанавливает центральную точку, второй определяет радиус и начальную точку, и третья точка завершает дугу.
-  касательная дуга. Создается дуга с конечной точки исходной кривой. Первый щелчок (на конечной точке кривой) указывает касательную конечную точку. Вторая точка указывает конец касательной дуги.



Для построения дуги необходимо выбрать грань детали или рабочую плоскость в качестве плоскости построений.

Для построения перпендикулярной или касательной дуги можно применять команду **Line**:

- 1.Щелкнуть по кнопке **Line** на панели инструментов **Sketch**
- 2.Указать конечную точку имеющегося отрезка, сплайна или дуги.
- 3.Нажать левую кнопку мыши и, удерживая ее, перемещать курсор, просматривая образец дуги. При этом временно появляются вспомогательные линии, перпендикулярные и касательные к кривой в конечной точке.
- 4.Выполнить одно из следующих действий:

- для построения перпендикулярной дуги перетащить конец дуги вдоль перпендикулярной вспомогательной линии.
- для построения касательной дуги перетащить конец дуги вдоль касательной вспомогательной линии.

5. Дважды щелкнуть мышью для выбора конечной точки дуги. Если необходимо, продолжить построение отрезков или дуг.



6. Для завершения следует нажать клавишу ESC или вызвать другую команду

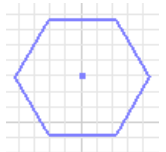
#### 4.3.5 ПРЯМОУГОЛЬНИК (RECTANGLE) И МНОГОУГОЛЬНИК (POLYGON)


Построение прямоугольника выполняется по двум точкам (противоположным углам) или по трем точкам. Для построения прямоугольника необходимо выбрать грань детали или рабочую плоскость в качестве плоскости построений.





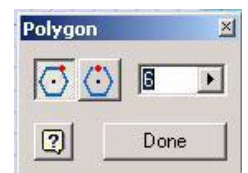
Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по кнопке **Rectangle** на панели **Sketch**. Прямоугольник можно построить:

-  по двум точкам. Прямоугольник создается щелчками в двух диагонально расположенных точках, или указанием длины и высоты. Прямоугольник, задаваемый двумя точками, расположен соответственно текущей координатной системе.
-  по трем точкам. Прямоугольник, длина и высота которого задается тремя точками. Первая и вторая точки устанавливают длину и направление первой стороны. Третья точка устанавливает длину прилегающей стороны. Прямоугольник, определяемый тремя точками, может иметь произвольное размещение.



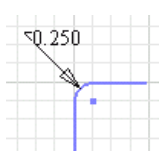
Создание вписанного/описанного многоугольника с максимальным количеством сторон 120. производится щелчком по кнопке  **Polygon** на панели **Sketch**. После вызова команды открывается диалоговое окно **Polygon** имеющее следующие опции:

-  **Inscribed** – кнопка, позволяющая задать вершину между двумя сторонами и определить размер и ориентацию многоугольника
-  **Circumscribed** - кнопка, позволяющая использовать середину стороны для определения размера и ориентации многоугольника
- **Number of edges** – текстовое поле, в котором задается число сторон многоугольника




#### 4.3.6 ГАЛТЕЛЬ (FILLET) И ФАСКА (CHAMFER)

Обеспечивает плавные сопряжения углов по дуге с заданным радиусом между дугами и линиями в плоскости для 2-х отрезков (скругление с обрезкой двух линий), дуг или окружностей. Скругляющая дуга - касательная к кривым, которые она обрезает или удлиняет.



Сопрягать можно перпендикулярные или параллельные линии, две окружности (в т.ч. концентрические), две дуги (пересекающиеся или непересекающиеся), эллиптические дуги, сплайны, отрезок и окружность, отрезок и дугу, окружность и дугу (при сопряжении дуг и окружностей между выбранными объектами можно построить более одной дуги сопряжения). Несколько галтелей могут быть созданы одной командой; все их радиусы равны первому. Сопряжение нельзя построить:

- для очень коротких сегментов,
- для сегментов пересекающихся за пределами листа
- для сегментов, которые при подходе к разделяющему их дуговому сегменту расходятся в разные стороны.

Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по кнопке  **Fillet** на панели **Sketch**. В открывшемся диалоговом окне в текстовом поле следует задать/выбрать размер радиуса сопряжения, затем последовательно указать два элемента для их сопряжения. Если пользователь будет создавать несколько сопряжений с одинаковым радиусом, то необходимо щелкнуть по кнопке с символом равенства.





Алгоритм размещения дуги заданного радиуса на углах или пересечениях двух линий:

1. Щелкнуть по кнопке **Fillet**
2. Щелкнуть на линиях, между которыми создается галтель
3. В диалоговом боксе **Radius** ввести значение радиуса галтели. Можно щелкнуть на кнопке **Equal** для создания нескольких галтелей с одинаковым радиусом.
4. Для просмотра галтели переместить курсор над концами, выходящими за пересечение двух линий. Пересекающиеся линии обрезаются в концах дуги галтели


5. При необходимости ввести другой радиус. Значение радиуса сохраняется, пока не будет введено новое значение


6. Продолжить выбор линий для создания новых галтелей, если необходимо

7. Для выхода из режима создания галтелей нажать клавишу ESC или выбрать другой чертежный инструмент


Фаска может быть построена одним из трех способов: по длине, по двум длинам, а также по длине и углу. За один вызов команды можно построить несколько фасок. При этом фаски могут быть построены различными методами, и иметь разные размеры. Построение фасок осуществляется с помощью опций диалогового окна **2D Chamfer**, которое открывается после щелчка по кнопке  **Fillet/Chamfer** и выбора инструмента создания фаски  **Chamfer**.





-  **Create dimensions** – кнопка, включение которой обеспечивает создание размеров для определения размеров фаски. Это опция по умолчанию

-  **Equal to parameters** – кнопка задания длины и угла с использованием величин уже ранее созданной фаски в текущем сеансе работы с командой


- **Type and Distance** – зона, в которой содержатся опции:

-  **Equal distance** – кнопка построения фаски на равном расстоянии от точки пересечения/соприкосновения двух линий

-  **Unequal distance** – кнопка построения фаски на разных расстояниях от точки пересечения/соприкосновения двух линий. Пользователь должен задать размеры фаски в текстовых полях **Distance 1** и **Distance 2**

-  **Distance and angle** – кнопка построения фаски по углу от первой линии и ее длины на второй линии от точки пересечения/соприкосновения

Алгоритм построения фаски:

1. Щелкнуть по направленной вниз стрелке на кнопке  **Fillet/Chamfer**, и выбрать инструмент **Chamfer**

2. Щелкнуть по кнопке **Create Dimensions** для добавления размеров к фаскам

- принять настройки по умолчанию (**On**) для установки параметров выравнивания значений к первой создаваемой фаске в сеансе текущей команды

- выбрать настройки кнопки **Equal to Parameters**

- прервать выбор (**Off**) для присоединения числовых значений, а не параметров значений к фаскам.

3. Выбрать тип фаски и ввести значения:

- щелкнуть по кнопке **Distance** и ввести дистанция отступа

- щелкнуть по кнопке **Two Distances** и ввести **Distance 1** и **Distance 2**

- щелкнуть по кнопке **Distance and Angle** и ввести расстояние и угол

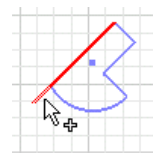
4. Указать линии, для которых создается фаска

5. Продолжить применение команды для других пар линий

6. Для выхода из команды щелкнуть OK.

### 4.3.7 ОБРЕЗКА ЧАСТИ ПРИМИТИВА (TRIM) И ЕГО УДЛИНЕНИЕ (EXTEND)

Обеспечивает удаление части примитива (отрезок, незамкнутая полилиния, дуга, сплайн, эллиптические дуги, текст) точно по режущей кромке, определенной одним или несколькими объектами в ближайшей точке их пересечения. В качестве режущей кромки могут быть выбраны отрезки, дуги, круги, двумерные полилинии (другие примитивы игнорируются).



Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по кнопке **Trim** на панели **Sketch**. Затем для проведения отсечения части примитива необходимо остановить курсор над примитивом, чтобы предварительно просмотреть результаты обрезки. Особенности выполнения обрезки части примитива:

- между конечной точкой обрезанной кривой и точкой пересечения с ограничивающей кривой накладывается зависимость совмещения

- фиксированные конечные точки не могут быть обрезаны


- обрезка непересекающейся кривой приводит к ее полному удалению. В этом случае на предварительном образце результата обрезки видно, как выделяется вся кривая

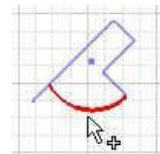
- указание рядом со средней точкой примитива выделяет конечную точку, ближайшую к курсору. Когда возможны несколько точек пересечения, выбирается ближайшая.



- выделенная позиция удаляется
- размеры сохраняются, когда точка удалена. Если размер не может быть изменен, появляется предупреждение, и пользователь может удалить размер.

Для изменения результатов операции отсечения необходимо в контекстном меню выбрать требуемую команду. Чтобы использовать опцию удлинения **Extend** для одного примитива следует нажать клавишу **Shift**.

Удлинение выбранного примитива (отрезок, незамкнутая полилиния, дуга, эллиптическая дуга) до ближайшего пересекающего примитива (создается совпадение конечных точек удлиняемой и ограничивающей кривой) производится по команде **Extend**, вызываемой щелчком по кнопке  **Extend** на панели **Sketch**.



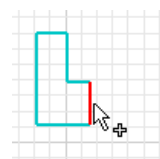
Затем для проведения добавления части примитива необходимо остановить курсор над примитивом, чтобы предварительно просмотреть результаты удлинения. Особенности выполнения:


- фиксированные конечные точки не могут быть удлинены
- указание рядом со средней точкой примитива выделяет конечную точку, ближайшую к курсору. Когда возможны несколько точек пересечения, выбирается ближайшая
- выделенная позиция удаляется
- размеры сохраняются, когда точка удалена. Если размер не может быть изменен, появляется предупреждение, и пользователь может удалить размер.

При выполнении команды **Trim** или **Extend** можно удерживать нажатой клавишу **Shift** для выполнения обратной операции на отдельной кривой. При этом выбор исходной операции сохраняется для обработки следующих кривых.

#### 4.3.8 СОЗДАНИЕ КОПИИ ЭСКИЗА ПУТЕМ ЗЕРКАЛЬНОГО ОТОБРАЖЕНИЕ (MIRROR)

Симметричное отображение выполняется относительно отрезка, выбранного в качестве оси симметрии. Между симметричной половиной и исходной геометрией автоматически накладываются зависимости. Однако в любой половине геометрии можно независимо удалять отдельные сегменты, сохраняя при этом оставшиеся элементы симметричными



Для симметричного отображения эскизной геометрии относительно заданной оси используется кнопка  **Mirror** панели **Sketch**. Открывшееся диалоговое окно содержит опции:

- **Select** – выбор геометрии для зеркального отображения
- **Mirror Line** – задание прямолинейного отрезка в качестве оси зеркального отображения



Алгоритм создания зеркального отображения:

1. Для начала необходимо создать геометрию с помощью команд панели **Sketch** для симметричного отображения

2. Щелкнуть по кнопке **Line** и начертить линию, которая будет использоваться как ось зеркального отображения

3. Щелкнуть по кнопке **Select**, затем указать линию оси зеркального отображения

4. На панели **Command** щелкнуть направленную вниз стрелку рядом с кнопкой **Style**, затем выбрать **Centerline**

5. Щелкнуть по кнопке **Mirror** и при нажатой кнопке **Ctrl** выбрать элементы для отображения, затем щелкнуть на центральной линии

6. В диалоговом окне нажать кнопку **Apply** для выполнения симметричного отображения выбранной геометрии

7. Элементы эскиза отражаются, используя центровую линию как ось зеркала. Связи выравнивания автоматически применяются между отраженными половинами, но их можно удалить или отредактировать после того, как было создано зеркальное отображение и при этом оставшиеся сегменты остаются симметричными.

Конструктивные элементы могут располагаться симметрично, разделяя деталь на две половины. В этом случае для эскизов можно задать линию симметрии, относительно которой будут накладываться зависимости и размеры на геометрию эскизов. Это позволит обновлять эскизы в соответствии с размерами детали.


Эскиз можно сделать общедоступным (**Shared**) и нанести его размеры относительно плоскости симметрии. Для нанесения размеров можно использовать формулы, позволяющие согласованно позиционировать элементы эскиза при изменении размеров. Плоскость симметрии определяется линией, проведенной

между средними точками противоположных сторон. Для начала необходимо создать геометрию эскиза командами панели **Sketch**. В активном эскизе нужно выполнить такие действия:

1. Вызвать команду **Line** щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Middle** из контекстного меню
2. Указать начало отрезка в середине стороны, накладывая при этом зависимость совмещения
3. Вызвать контекстное меню и выбрать **Middle**. Затем указать второй конец отрезка в середине противоположной стороны
4. Поскольку на созданный отрезок наложены зависимости совмещения, при изменении размеров он всегда располагается на средней линии эскиза.

### 4.3.9 МАССИВЫ: КРУГОВОЙ (CIRCULAR) И ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ (RECTANGULAR)

Команды предназначены для создания эскизов сложных регулярных конструкций. Массивы элементов на эскизе обеспечивает получение нескольких копий выбранных объектов, размещенных в прямоугольной или круговой структуре. На геометрические элементы, входящие в массив, накладываются зависимости. Эти зависимости образуют группу. При удалении зависимости массива удаляются все зависимости для его элементов.

**Круговой массив.** После щелчка по кнопке  **Circular Pattern** открывается одноименное диалоговое окно, в котором содержатся опции построения кругового массива


- **Geometry** – кнопка, обеспечивающая переход в графическое окно для выбора элементов, включаемых в массив
- **Axis** – кнопка, обеспечивающая переход в графическое окно для задания точки центра кругового массива
- **Flip Direction** – кнопки изменение направления создания массива на обратное
- **Count** – текстовое поле для задания числа элементов в создаваемом массиве, включая исходный элемент
- **Angle** - угол между первым и последним элементами массива. По умолчанию установлен угол 360 градусов (полный круг). Вместо числового значения можно использовать формулу с параметрами

• **More** - кнопка, обеспечивающая открытие дополнительной зоны диалогового окна, в которой содержатся опции подавления геометрии и указания способов создания массива:

• **ØSuppress** – кнопка, включение которой позволяет организовать подавить выбранные элементы массива, т.е. подавленные элементы не будут являться частью эскиза. Геометрия подавленных элементов превращается в конструктивную геометрию, которая может использоваться для определенных целей при построении массива

• **ØAssociative** – флажок, установка которого позволяет задать массив ассоциативным. Если опция включена, элементы массива связываются и обновляются вместе. Если опция отключена, то массив не будет автоматически обновляться при внесении изменений в деталь, а элементы массива ассоциативно не связаны и обновляются независимо друг от друга при изменении элемента. Отдельные кривые могут удаляться

• **ØFitted** - флажок, установка которого определяет метод задания угла в поле **Angle**. Если опция включена, то угол задает равномерный интервал между первым и последним элементами массива. Если опция отключена, то угол задает равномерный интервал между соседними элементами.

После щелчка по кнопке  **Rectangular Pattern** открывается одноименное диалоговое окно, в котором содержатся опции построения прямоугольного массива:

• **✓Geometry** – кнопка, обеспечивающая переход в графическое окно для выбора элементов, включаемых в массив

• **✓Direction 1** – зона, в которой содержатся кнопки задания направления создания массива, число элементов и расстояние между элементами в первом направлении, например для создания строк

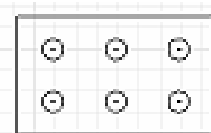
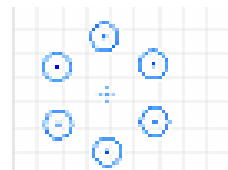
• **ØFlip Direction** – кнопки изменение направления создания массива на обратное

• **ØCount** – текстовое поле для числа элементов создаваемого массива, включая базовый

• **ØSpacing** - текстовое поле для задания расстояния между элементами массива вдоль первого направления. В качестве значения расстояния может использоваться параметрическое выражение

• **✓Direction 2** – зона, в которой содержатся кнопки задания направления создания массива, число элементов и расстояние между элементами во втором направлении, например для создания столбцов

• **ØFlip Direction** – кнопки изменение направления создания массива



**ØCount** – текстовое поле для числа элементов создаваемого массива, включая базовый

**Spacing** - текстовое поле для задания расстояния между элементами массива. В качестве значения расстояния может использоваться параметрическое выражение

**▼More** - кнопка, обеспечивающая открытие дополнительной зоны диалогового окна, в которой содержатся опции подавления геометрии и указания способов создания массива:

**ØSuppress** – кнопка, включение которой позволяет организовать подавить некоторые элементы массива, т.е. подавленные элементы не будут являться частью эскиза. Геометрия подавленных элементов превращается в конструктивную геометрию, которая может использоваться для определенных целей при построении массива

**ØAssociative** – флажок, установка которого позволяет задать массив ассоциативным. В ином случае элементы массива ассоциативно не связаны и обновляются независимо друг от друга при изменении элемента. Отдельные кривые могут удаляться

**ØFitted** - метод задания интервалов массива в полях **Spacing**. Если опция включена, то заданные значения определяют расстояния между первым и последним элементами массива вдоль каждого направления. Если опция выключена, то значения определяют интервалы между соседними элементами.

Алгоритм создания кругового массива:

1. Нажать кнопку **Rectangular Pattern** на панели **Sketch**

2. Выбрать геометрический элемент

3. Нажать кнопку **Axis** и указать точку, вершину или рабочую ось

4. Задать число элементов массива

5. Задать угол, используемый для построения кругового массива

6. При необходимости нажать кнопку **More** для задания дополнительных параметров:

6.1. нажать кнопку **Suppress** и выбрать элементы, которые будут удалены из массива. Эти элементы подавляются

6.2. Установить флажок **Associative**, если требуется обновление массива при изменении детали.

6.3. Установить флажок **Fitted**, чтобы элементы массива были размещены на равном расстоянии в пределах заданного угла. Если этот флажок не установлен, то протяженность массива определяется углом между его элементами, а не значением угла, заданным при построении массива.

7. Нажать ОК для построения массива.

Алгоритм создания прямоугольного массива элементов

1. Нажать кнопку **Rectangular Pattern** на панели **Sketch**

2. Выбрать геометрический элемент.

3. Нажать кнопку **Direction 1**. Выбрать геометрический элемент, определяющий первое направление прямоугольного массива.

4. Указать число элементов массива

5. Указать протяженность массива в этом направлении

6. Нажать кнопку **Direction**. Выбрать геометрический элемент, определяющий второе направление прямоугольного массива. Задать число элементов и протяженность массива в этом направлении.

7. При необходимости нажать кнопку «Больше» для задания дополнительных параметров:


7.1. нажать кнопку **Suppress** и выбрать элементы, которые будут удалены из массива. Эти элементы преобразуются в элементы конструктивной геометрии.

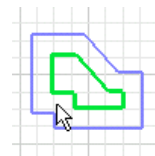
7.2. установить флажок **Associative**, если требуется обновление массива при изменении детали.

7.3. установить флажок **Fitted**, чтобы элементы массива были размещены на равном расстоянии друг от друга. Если этот флажок не установлен, то протяженность массива определяется расстоянием между его элементами, а не значением, заданным при построении массива.

8. Нажать «ОК» для построения массива.

#### 4.3.10 ПОДОБИЕ (OFFSET)

Обеспечивает копии выбранной геометрии, полностью подобной другому объекту, на заданном расстоянии или проходящей через заданную точку с сохранением ориентации. Команда применяется только к плоским объектам и не имеет трехмерных аналогов. Для доступа к кнопке команды необходимо щелкнуть по кнопке  **Offset** на панели **Sketch**.



В контекстном меню можно выбрать одну из двух настроек:

- **Loop Select** - выбор контура/петли (кривая, соединенная концами). Если необходимо выполнить команду **Offset** для нескольких элементов, то необходимо в контекстном меню убрать флажок опции **Loop Select**. Затем вручную выбрать необходимые элементы, и в контекстном меню выбрать **Continue** и указать место создаваемого подобия

- **Constrain Offset** – наложение зависимости равенства. Автоматическое определение подобной геометрии равноудаленной от исходной наложением зависимостей равенства обеспечивает создание подобных элементов с одинаковым расстоянием между всеми элементами. Для изменения этой настройки необходимо в контекстном меню удалить флажок опции **Constrain Offset**. После создания подобного элемента пользователь может в дальнейшем точно позиционировать размещение подобной геометрии нанесением размеров и наложением зависимостей между отдельными элементами подобия.

Для задания расстояния можно использовать инструмент **Dimension**.

Алгоритм проведения подобных преобразований на эскизе:

1. Вызвать команду **Offset**
2. Указать эскизную геометрию для копирования. По умолчанию, подобные объекты определяются равноудаленными от исходных наложением зависимостей равенства
3. Переместить курсор в необходимом направлении для позиционирования подобной геометрии и щелкнуть в нужной позиции
4. Если необходимо, продолжить выбор геометрии и создание подобных объектов
5. По умолчанию, при выборе сегмента автоматически выделяется весь контур, и между подобными объектами накладываются зависимости равенства. Для возможности выбора отдельных кривых и отключения автоматического наложения зависимостей следует обратиться к контекстному меню и отключить соответственно опции **Loop Select** или **Constrain Offset**
6. Если необходимо, вызвать команду **Dimension** для нанесения размера и задания расстояния между подобными объектами.

### 4.3.11 СПРОЕЦИРОВАННАЯ ГЕОМЕТРИЯ (PROJECT GEOMETRY)

Команда **Project Geometry** обеспечивает проекции контуров или всех замкнутых контуров, ребра модели, вершины, рабочей оси, рабочей точки и объектов не поглощенных эскизов на активную плоскость построений. Спроецированная геометрия может использоваться в текущем эскизе в качестве контура или траектории, а также для наложения геометрических или размерных зависимостей на кривые и точки эскиза.

При работе со сборкой на плоскость построений нового эскиза проецируются ребра компонентов модели, которые пересекаются этой плоскостью. Спроецированные геометрические объекты ассоциативно не связаны с геометрией породивших ее объектов. Поэтому изменение исходной геометрии не приводит к обновлению спроецированной геометрии. Размеры и расположение проецируемой геометрии фиксированы относительно исходного эскиза (заимствованной геометрии). Далее при построении объектов эскиза можно накладывать зависимости с опорой на спроецированную геометрию. Спроецированная геометрия, в свою очередь, реагирует на изменение своего исходного эскиза, вызывая соответствующие изменения в зависимых элементах нового эскиза.

В результате проецирования образуются новые ребра, вершины и контуры. Они будут изменены при изменении исходных объектов. При необходимости можно установить стиль **Normal** для элементов спроецированной геометрии. Стиль можно выбрать из списка, расположенного на стандартной панели инструментов. Однако, если этот стиль будет установлен, автоматическое обновление элементов спроецированной геометрии при изменении исходных объектов не производится. Становится возможным редактирование элементов спроецированной геометрии независимо от исходных объектов.

Проецирование опорной геометрии на плоскость построений можно автоматизировать с помощью опций вкладки **Sketch** диалогового окна **Options**:

- **Autoproject edges during curve creation** – автопроецирование ребер при создании кривой
- **Automatic reference edges for new sketch** - заимствование ребер граней

При проецировании сплайновых кривых из конструктивной среды в 2D эскиз создаются неассоциативные сплайны. При редактировании заимствованного сплайна происходит аппроксимация исходного сплайна, при этом точность прохождения кривой может нарушиться.

Если геометрия, которую нужно спроецировать, перекрывается другими частями модели и поэтому не видна, можно повернуть модель, а затем указать геометрию для проецирования на плоскость построений.

Алгоритм проецирования геометрии:

1. Нажать кнопку **Sketch** на панели инструментов, затем указать грань или рабочую плоскость, определяющую плоскость построений.
2. Вызвать команду **Project Geometry**
3. Указать элементы геометрии для проецирования на плоскость построений. При выборе контура рекомендуется применять команду **Select Other** последовательного перебора элементов геометрии, подсвечивая каждый из них, что облегчает выбор элемента
4. Если необходимо, продолжить выбор элементов геометрии
5. Для завершения проецирования нажать клавишу ESC или вызвать другую команду



Спроецированная геометрия является опорной и имеет ассоциативную связь с объектами, на основе которых она была создана. При изменении размера и расположения этих объектов спроецированная геометрия также изменяется. При необходимости можно установить стиль **Normal** для элементов спроецированной геометрии.

Алгоритм редактирование спроецированной геометрии

1. Указать элементы геометрии.

2. Выбрать стиль в списке на стандартной панели инструментов.

Однако при установке такого стиля ассоциативная связь будет потеряна. Поэтому для ее редактирования можно использовать команды работы с эскизами, в том числе **Dimension**, **Trim** и **Extend**.

При проецировании контуров на плоскость построений выбор более одного контура производится с помощью команды **Select Other** высвечивая их один за другим. В отличие от проецирования ребер грани по одной кривой за раз, пиктограмма спроецированного контура размещается в браузере под символом **Sketch/**

Алгоритм проецирования контура

1. Создать эскиз, смещенный с геометрии или на геометрии, которую необходимо спроецировать, например, грани детали

2. Вызвать команду **Project Geometry** из панели **Sketch**


3. В графическом окне выбрать контур, который требуется проецировать. Когда появится панель выбора, добиться переноса выделения на контур, и затем нажать среднюю кнопку. В случае, когда геометрия является замкнутым сплайном, кругом или эллипсом, может сразу выделяться вся грань, а не ее части.

4. Выделить необходимую геометрию и выбрать ее. Символ спроецированного контура размещается в браузере под эскизом.

При создании детали в изделии существует возможность проецирования контуров из существующих деталей на эскиз новой детали. Выбирать при этом можно ребра, контуры и грани. Спроецированная геометрия ассоциативно связывается с исходной деталью, а значки контуров будут вложены в значок эскиза в браузере.

#### 4.3.12 СОЗДАНИЕ КОПИЙ ЭЛЕМЕНТОВ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЭСКИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (MOVE)

С помощью инструмента **Move** находящегося на панели инструментов **Sketch** можно осуществлять перемещение элементов эскиза, или создания копий элементов. При перемещении элементов, которые имеют связи, все связанные элементы также перемещаются.

Диалоговое окно **Move** открывается после щелчка по одноименной кнопке , расположенной на панели инструментов **Sketch**:

- **Select** – кнопка возврата в графическое окно для выбора элементов эскиза для создания копии или перемещения

- **From Point** – указание в графической зоне начальной точки относительно которой будет совершаться перемещение

- **To Point** - указание в графической зоне точки, в которую будет перемещен элемент

- **Copy** – кнопка создания копии выбранных элементов в указанную точку

- **Apply** - кнопка окончания процесса перемещения или копирования

Алгоритм перемещения элементов эскиза или создания копии

1. Щелкнуть по кнопке **Move**

2. Щелкнуть по кнопке **Select** в диалоговом окне и затем указать элемент/элементы в графическом окне

3. Щелкнуть по кнопке **From Point** и затем указать начальную точку для перемещения в графическом окне

4. Щелкнуть по кнопке **To Point** и выбрать точку назначения для заданной исходной точки


5. Для создания копии элемента с сохранением исходного элемента на месте щелкнуть по кнопке **Copy**

6. Щелкнуть на кнопке **Apply**



#### 4.3.13 ПОВОРОТ ЭСКИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С помощью инструмента **Rotate** находящегося на панели инструментов **Sketch** можно осуществлять поворот элементов эскиза вокруг заданной точки, или создания повернутой копии этих элементов. При повороте элементов, которые имеют связи, все связанные элементы также поворачиваются. Диалоговое окно

**Rotate** открывается после щелчка по одноименной кнопке , расположенной на панели инструментов **Sketch**:

- **Select** – кнопка возврата в графическое окно для выбора элементов эскиза для создания копии или поворота выбранных элементов эскиза
  - **Center Point** - кнопка возврата в графическое окно для указания центра поворота элементов эскиза
  - **Angle** – текстовое поле, в котором указывается угол, на который будет повернут элемент относительно центральной точки
  - **Copy** – кнопка создания повернутой копии выбранных элементов
  - **Apply** - кнопка окончания процесса поворота или копирования
- Алгоритм поворота элементов или создание повернутой копии:



- 1.Щелкнуть по кнопке **Rotate**
- 2.Щелкнуть по кнопке **Select** в диалоговом окне и затем выбрать элементы в графическом окне
- 3.Щелкнуть по кнопке **Center Point** и затем выбрать точку вращения в графическом окне
- 4.Задать угол вращения.
- 5.Установить флажок **Copy** для создания копии, так чтобы исходный элемент остался на местеЩелкнуть **Apply**.

### 4.3.14 УДАЛЕНИЕ ЭСКИЗА И ТОЧЕК ЭСКИЗА

Эскиз, входящий в конструктивный элемент, может быть активизирован для редактирования. При этом можно удалять геометрию эскиза, однако после обновления конструктивный элемент может оказаться разрушен. В связи с этим, может потребоваться дополнительное редактирование эскиза или конструктивного элемента для устранения возникших ошибок.

Удаление эскиза производится с помощью браузера:

- 1.Выбрать в браузере пиктограмму удаляемого эскиза
- 2.Нажать клавишу **Delete** или щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Delete**.

Для удаления отдельных примитивов эскиза следует щелкнуть на кривой и нажать клавишу **Delete**.

В Inventor имеется возможность удаления точек в эскизе (вспомогательных или центральных точек отверстий). Конструктивные элементы, зависящие от конструктивного элемента, в котором используется удаляемая точка, также удаляются.

- 1.Дважды щелкнуть в браузере на значке эскиза для его активизации.
- 2.Щелкнуть на удаляемой точке.
- 3.Нажать клавишу **Delete** или щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Delete**.

## 4.4 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ЭСКИЗА (CONSTRAINTS)

Для того чтобы однозначно определить форму и размеры эскиза, применяется наложение зависимостей и нанесение размеров. Как правило, сначала следует накладывать зависимости, чтобы оказалась стабилизирована общая форма эскиза, а затем наносить размеры. Размеры служат для задания протяженности объектов эскиза. С их помощью можно задать пропорции между элементами эскиза, и тогда изменение одного элемента будет приводить к соответствующим изменениям остальной геометрии. Например, величина одного размера может быть установлена равной половине величины другого размера. Накладывая и редактируя геометрические и размерные зависимости, можно управлять формой эскиза. Именно форма эскиза определяет, какие зависимости необходимо наложить.

Описывать конструктивные особенности рекомендуется путем наложения на элементы эскиза геометрических зависимостей. Зависимости (связи, ограничения) - элементы системы, ограничивающие возможности эскиза изменять форму и размеры. Связи устраняют степень свободы твердого тела и обычно накладываются при создании эскиза. Полностью связанная деталь не может перемещаться в любом направлении. Зависимости определяют геометрию эскиза и ограничивают возможности ее изменения. Например, если на отрезок наложена зависимость горизонтальности, то, перетаскивая конечную точку этого отрезка, можно лишь изменять его длину или перемещать весь отрезок выше или ниже. Наклонным или вертикальным такой отрезок сделать нельзя.

Наложение основных зависимостей выполняется автоматически при создании эскиза. При этом тип зависимости обозначается значком около курсора. Использование зависимостей предотвращает нежелательные изменения в конструктивных элементах при редактировании размеров и заимствованной геометрии.

рии. Для получения более точного эскиза может потребоваться наложение дополнительных зависимостей, фиксирующих форму и расположение элементов геометрии

Для задания взаимного положения элементов эскиза применяются геометрические связи, устанавливающие форму и взаимное расположение (отношения) элементов эскиза (линий и дуг). Обычно геометрические связи применяются для преобразования наброска в эскиз.

Прежде, чем добавлять зависимости, необходимо изучить эскиз и решить, как его ограничить, как элементы должны соотноситься между собой. Далее наложить на эти элементы соответствующие зависимости таким образом, чтобы они изменялись ожидаемым образом при любых модификациях.

Использовать эскизы без зависимостей не запрещается; однако, не имея достаточной определенности, эскиз может непредсказуемо повести себя при обновлениях. Варианты, которыми эскиз может изменять размер или форму называются **СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**. Для эскиза степенями свободы являются направления, по которым он может изменить свою форму или размер. Например:

- круг имеет две степени свободы - положение центра и значение радиуса. Если центр и радиус определены, круг полностью ограничен и могут применяться различные значения.
- дуга имеет четыре степени свободы - центр, радиус и конечные точки сегмента дуги.

Количество степеней свободы соответствуют тому, насколько эскиз ограничен. Если определены все степени свободы, то эскиз полностью ограничен (достаточно определен). Если определяете не все степени свободы, то эскиз – не полностью определен. Внесение изменений в достаточно определенный эскиз приводит к однозначным и предсказуемым результатам.

Недостаточно определенная геометрия может использоваться в качестве адаптивной. Ее размеры окончательно определяются при наложении на нее зависимостей относительно фиксированных компонентов изделия. Если конструктивный элемент содержит элементы геометрии, на которые не были нанесены обозначения размера, то такой элемент можно сделать адаптивным.

Эскиз не может быть излишне определенным. Пользователь может наносить на эскиз дополнительные размеры, но в этом случае они получают статус контрольных, и служат исключительно для иллюстративных целей.

Пользователь постоянно должен следить за количеством степеней свободы. Следует определить число степеней свободы для каждого элемента. Возможно, потребуется отменить некоторые из автоматически наложенных зависимостей, ограничивающих расположение геометрии. Рекомендуется использовать только зависимости, необходимые для определения формы эскиза. Так как обычно в результате наложения зависимости ограничивается более одной степени свободы, необходимое число зависимостей меньше, чем число имеющихся степеней свободы. Задавшись целью поиска наиболее оптимальных решений в процессе разработки изделия, можно оставить эскиз недоопределенным, тем самым, расширив возможности редактирования. Однако при этом не исключены искажения конструктивных элементов в результате изменений размеров и зависимостей.

Воспользовавшись средством автоматического нанесения размеров, можно задать основные размеры эскиза, а на последующих этапах нанести дополнительные размеры, сделав тем самым эскиз достаточно определенным. Зависимости также можно накладывать, перетаскивая элементы эскиза до тех пор, пока около курсора не появится символ требуемой зависимости. При перетаскивании элементов Inventor автоматически определяет, какую зависимость можно в данный момент наложить

Рекомендуется наложить геометрические зависимости до нанесения размеров. Это защитит форму эскиза от искажений. Вначале рекомендуется задать размер больших элементов. Если же начать с размеров малых элементов, то это может привести к нежелательным искажениям. В случае, когда искажения формы эскиза все же произошли, следует удалить обозначение размера или отменить операцию его нанесения. Иногда наложение нескольких зависимостей может привести к искажениям недостаточно определенных фрагментов эскиза. Тогда следует удалить последнюю наложенную зависимость и попытаться применить другую комбинацию или нанести размер.

Наносимые размеры, как правило, управляют геометрией эскиза, задавая величины объектов и расстояния между ними. Такие размеры наносятся до тех пор, пока эскиз не станет достаточно определен, то есть пока остается хотя бы одна степень свободы. Элементы, для которых не заданы размеры, являются адаптивными и изменяются при редактировании размеров других элементов.

При желании, пользователь может наносить контрольные размеры, которые не накладывают зависимости, а служат лишь для отображения размерных величин. Значения таких размеров заключаются в круглые скобки для того, чтобы отличать их от значений обычных (параметрических) размеров.

Контрольные размеры можно преобразовывать в обычные. Если в результате такого преобразования эскиз становится излишне определенным, то необходимо предварительно удалить или преобразовать в контрольный другой имеющийся параметрический размер. Для преобразования размера в параметрический следует выбрать **Normal** из списка **Style** расположенный на стандартной панели инструментов. Для преобразования параметрического размера в контрольный необходимо выбрать опцию **Control** в том же списке.

Если необходимо, чтобы эскиз конструктивного элемента мог изменять свои размеры, следует оставить некоторые его элементы недостаточно определенными. Например, при построении эскиза разъема можно не задавать его длину. Требуемая длина разъема будет установлена автоматически при его использовании в изделии.

Для предотвращения наложения ограничений во время создания эскиза, следует нажать и удерживать клавишу Ctrl, пока создается эскизная линия.

В Inventor существуют ограничения следующих типов:

- **фиксации, горизонтальности и вертикальности** - определяющие ориентацию геометрии относительно системы координат. Так, построенный отрезок, практически не отклоняющийся от вертикали, делается программой строго вертикальным

- **перпендикулярности, параллельности, касательности, коллинеарности и концентричности** - определяющие взаимосвязи между элементами

Основные рекомендации при работе с зависимостями. Для начала следует вызвать одну из команд наложения зависимостей. Затем можно выполнять следующие действия:

- использовать автоматическое наложение зависимостей при построении эскиза. Форма курсора будет соответствовать типу налагаемой зависимости. Например, если новый отрезок строится параллельно существующему, на него накладывается зависимость параллельности и ее обозначение появляется на экране.

- проводя курсором вдоль отрезка или кривой, выбрать объект для наложения зависимости, а затем указать курсором приблизительное желаемое местоположение. Если возможно наложение различных зависимостей, можно выбрать одну из них.

- наложить зависимость с опорой на имеющуюся геометрию эскиза.

- при работе со сложным эскизом просмотреть все имеющиеся зависимости, выбрав **Show All Constraint** из контекстного меню. После этого можно выбрать пункт **Hide All Constraint**

- чтобы наложить зависимости одного типа сразу на несколько кривых, сначала следует выбрать необходимые кривые, а затем вызвать команду наложения зависимости.

### 4.4.1 ЗАВИСИМОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОСТИ (VERTICAL) И ГОРИЗОНТАЛЬНОСТИ (HORIZONTAL)



Наложение зависимости обеспечивает расположение выбранных отрезков, осей эллипсов или пар точек параллельно оси Y координатной системы эскиза - две зависимые точки (концы кривой, точки центра, середины или любые другие точки) располагаются на одинаковом расстоянии от координатной оси Y. Эскизная точка автоматически создается посередине при наложении на нее зависимостей.

Существующие связи сохраняются, так что линии или точки, не имеющие связей (недостаточно определенные), перемещаются к фиксированной точке. Если обе они не имеют связей, первая выбранная линия или точка сохраняет координаты.

Алгоритм наложения зависимости вертикальности:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Vertical**

2. Указать отрезок, ось эллипса или две точки.

3. Если необходимо, продолжить выбор отрезков, осей эллипсов или пар точек.

4. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду.

Чтобы быстро наложить зависимость вертикальности на несколько отрезков или осей эллипсов, нужно выбрать их все, а затем вызвать команду **Vertical**



Наложение зависимости обеспечивает размещение отрезков, осей эллипсов или пар точек центра, середины или любых других точек параллельно координатной оси X эскиза - два связанные данной зависимостью примитива располагаются на одинаковом расстоянии от координатной оси X. Эскизная точка автоматически создается посередине при наложении на нее зависимостей

Алгоритм наложения зависимости горизонтальности:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Horizontal**

2. Указать отрезок, ось эллипса или две точки.

3. Если необходимо, продолжить выбор отрезков, осей эллипсов или пар точек.

4. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду

Чтобы быстро наложить зависимости горизонтальности на несколько отрезков или осей эллипсов, нужно выбрать их все, а затем вызвать команду **Horizontal**.



В результате наложения зависимости вертикальности или горизонтальности происходит выравнивание координат точек по оси *X* или *Y* соответственно:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Horizontal** или **Vertical**

2. Указать первую точку центра или конечную точку

3. Указать вторую точку центра или конечную точку

4. Если необходимо, продолжить выбор пар точек для выравнивания их координат по оси *X* или *Y*

5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду.

Для наложения зависимости можно указать сразу несколько точек; для этого следует нажать кнопку «Выбор» и удерживать клавишу CTRL во время их выбора. После этого вызвать команду наложения зависимости горизонтальности или вертикальности.

#### 4.4.2 ЗАВИСИМОСТЬ КАСАТЕЛЬНОСТИ (TANGENT)



Применение связи приводит к тому, что две кривые линии, включая концы сплайна, становятся касательными к другим линиям. Одна линия может быть касательной к другой, даже если они не имеют общих точек в 2D-эскизе. Как правило, этот тип зависимости используется для связывания дуги с отрезком, а также для соединения сплайна с другим элементом геометрии. Одна линия может иметь несколько связей **Tangent**

Алгоритм наложения зависимости касательности на кривые:

1. Щелкните на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Tangent**

2. Указать первую кривую

3. Указать вторую кривую

4. Если необходимо, продолжить выбор пар кривых для наложения зависимостей

5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done** из контекстного меню, или вызвать какую-либо другую команду

#### 4.4.3 ЗАВИСИМОСТЬ КОЛЛИНЕАРНОСТИ (COLLINEAR)



Наложение зависимости обеспечивает размещение пары отрезков или осей эллипсов на одной линии - оба отрезка располагаются вдоль одной прямой. При перемещении первого отрезка смещается изменяется положение той кривой, которая не имеет других зависимостей. Если же не имеют других зависимостей обе кривые, то новое положение определяется первой выбранной кривой

Алгоритм наложения зависимости коллинеарности на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Collinear**.

2. Указать первый отрезок или ось эллипса

3. Указать второй отрезок или ось эллипса

4. Если необходимо, продолжать выбирать пары отрезков или осей эллипсов для наложения зависимостей

5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду

#### 4.4.4 ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРИЧНОСТИ (CONCENTRIC)



Наложение зависимости обеспечивает совмещение центров двух дуг, окружностей или эллипсов в одну точку. Первый выбранный примитив устанавливает точку центра, а несвязанный примитив перемещается и становится концентричным к связанному примитиву. Результат аналогичен тому, который мог быть получен при наложении зависимости совмещения **Coincident** на эти точки. Если обе кривые не имеют других зависимостей, то новое положение определяется первой выбранной кривой/

Алгоритм наложения зависимости коллинеарности на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Concentric**

2. Указать первую дугу, окружность или эллипс

3. Указать вторую кривую для наложения зависимости концентричности относительно первого выбранного элемента

4. Если необходимо, продолжить выбор пар кривых для наложения зависимостей

5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду

#### 4.4.5 ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ (PARALLEL) И ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ (PERPENDICULAR)



Наложение зависимости обеспечивает расположение выбранных отрезков или осей эллипсов параллельно друг к другу. Существующие связи сохраняются, так что перемещаются примитивы, не имеющие других связей (недостаточно определенная кривая) или точки к фиксированной точке. Если оба примитива не имеют других связей, то при добавлении этого ограничения отрезок, выбранный первым, сохраняет свое положение, а отрезок, выбранный вторым, поворачивается и становится параллельным первому.

Алгоритм наложения зависимости параллельности на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Parallel**
2. Указать первый отрезок или ось эллипса.
3. Указать второй отрезок или ось эллипса.
4. Если необходимо, продолжать выбирать пары отрезков или осей эллипсов для наложения зависимостей
5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду.

Чтобы быстро наложить зависимости параллельности на несколько отрезков или осей эллипсов, нужно выбрать их все, а затем вызвать команду **Parallel**.

Наложение зависимости обеспечивает расположение выбранных кривых или осей эллипсов под прямым углом друг к другу. Существующие связи сохраняются, так что перемещаются примитивы, не имеющие других связей - смещение недостаточно определенной кривой или точки к фиксированной точке. Если оба примитива не имеют других связей, то при добавлении этого ограничения отрезок, выбранный первым, сохраняет свое положение, а отрезок, выбранный вторым, поворачивается и становится перпендикулярным к первому

Если зависимость перпендикулярности накладывается на сплайн, необходимо указывать конечные точки сплайна и другой кривой

Алгоритм наложения зависимости параллельности на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Perpendicular**
2. Указать первый отрезок, кривую или ось эллипса.
3. Указать второй отрезок, кривую или ось эллипса.
4. Для выхода из режима наложения зависимостей следует нажать клавишу ESC или вызвать другую команду.

#### 4.4.6 ЗАВИСИМОСТЬ СОВМЕЩЕНИЯ (COINCIDENT)



Наложение зависимости совмещения примитивов эскиза приводит к тому, что две точки становятся совпадающими или одна точка лежит на линии. Существующие связи сохраняются, так что перемещаются примитивы, не имеющие связей. Если оба примитива не имеют связей, перемещается второй примитив. Если такая зависимость накладывается на центры двух окружностей, дуг или эллипсов, результат будет таким же, как и при использовании зависимости концентричности.

Особенности наложения зависимости совмещения:

- связь автоматически создается в конечных точках двух линий при их создании с использованием инструмента **Line**
- связь автоматически создается для середины выбранного отрезка или дуги
- связанная зависимостью точка может находиться вне кривой или ее продолжения
- после совмещения с кривой точка может располагаться на последней произвольно, перемещаясь по ней, если другие геометрические и размерные зависимости не ограничивают это перемещение
- при наложении зависимости совмещения на среднюю точку создается эскизная точка

Алгоритм наложения зависимости совмещения на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Coincident**.
2. Указать первую точку или кривую
3. Указать вторую точку или кривую
4. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду

При создании контура, состоящего из сегментов, с помощью инструмента **Line**, их концы соединяются друг с другом связью **Coincident**, но при выполнении тех же действий с нажатой клавишей **Ctrl**, взаимодействующие связи (такие как параллельная, перпендикулярная, вертикальная и горизонтальная) не создаются, за исключением случаев, когда конечная точка ставится на другом отрезке примитива.

#### 4.4.7 ЗАВИСИМОСТЬ РАВЕНСТВА РАДИУСОВ ИЛИ ДЛИН (EQUAL)



Наложение зависимости равенство длин и радиусов обеспечивает равенство длин линейных элементов, а выбранные окружности и дуги будут иметь одинаковый радиус. Для задания одинакового радиуса нескольких дуг/окружностей или одинаковой длины нескольких линий, необходимо выбрать эти примитивы, затем щелкнуть на кнопке **Equal**. Если первая выбранная кривая — отрезок, то вторая кривая также должна быть отрезком, если первая кривая — окружность или дуга, то и вторая кривая должна быть окружностью или дугой.

Алгоритм наложения зависимости равенства радиусов или длин на кривые:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Equal**
2. Указать первый элемент (окружность, дугу или отрезок)
3. Указать вторую кривую того же типа для наложения на нее зависимости равенства относительно первой.
4. Если необходимо, продолжить выбор кривых одного типа для наложения зависимостей
5. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду

Чтобы быстро наложить зависимость равенства на несколько окружностей, дуг или отрезков, можно воспользоваться командой **Equal**, предварительно выбрав геометрию

#### 4.4.8 ЗАВИСИМОСТЬ ФИКСАЦИИ (FIX)



Наложение зависимости обеспечивает закрепление местоположения точек или кривых в системе координат эскиза. Спроецированная (заимствованная) геометрия не может быть зафиксирована. Добавление всех иных связей и отношений производится относительно начальной точки эскиза — точки фиксации. Точка фиксации является центром сжатия или расширения геометрической конструкции при добавлении размеров.

Использование связи приводит к тому, что точки и линии фиксируются в определенной позиции относительно координатной системы эскиза. При перемещении или вращении координатной системы, зафиксированные линии и точки перемещаются с ней. Связь фиксацией фиксирует точки относительно эскизной координатной системы, так что:

- позиция и угол линии зафиксированы, но ее конечные точки могут перемещаться для того, чтобы сделать линию длиннее или короче
- у окружностей и эллипсов фиксируются местоположение, размер и ориентация
- позиция, размеры и ориентация центра и радиуса окружности зафиксированы
- конечные точки отрезков и дуг могут перемещаться по направлению радиуса или длины
- отрезки и дуги могут поворачиваться вокруг фиксированных конечных точек и центров
- центр и радиус дуги зафиксированы, но ее конечные точки могут смещаться вдоль дуги.

Зафиксированный примитив выделяется цветом, обозначающим полностью связанный элемент. Эскиз может содержать несколько точек фиксации.

Алгоритм наложения зависимости фиксации:

1. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Fix**
2. Указать кривую, точку центра, середину линии или любую другую точку.
3. Если необходимо, продолжить выбор кривых или точек для фиксирования.
4. Для выхода из режима наложения зависимостей следует щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню **Done**, или вызвать какую-либо другую команду.

#### 4.4.9 ЗАВИСИМОСТЬ СИММЕТРИЧНОСТИ (SYMMETRIC)



Наложение зависимости обеспечивает расположение выбранных отрезков и дуг симметрично относительно указанного отрезка. Данная зависимость накладывается только на выбранные элементы геометрии.

При наложении зависимости симметричности относительно указанного отрезка симметрично располагаются не только выбранные отрезки и дуги, но и вся связанная с ними геометрия. Отрезок, используемый в качестве оси симметрии, может иметь любой тип линий. Удаление этого отрезка приводит к ликвидации всех связанных с ним зависимостей симметричности.

Алгоритм наложения зависимости симметричности на кривые:

1. До наложения зависимостей следует построить необходимую геометрию с помощью команд панели **Sketch**
2. Щелкнуть на стрелке-треугольнике около подменю зависимостей и выбрать команду **Symmetrical**
3. Указать первый отрезок или кривую.

4. Указать второй отрезок или кривую.
5. Указать ось симметрии
6. Для завершения наложения зависимостей симметричности нажать ESC или вызвать другую команду.

### 4.4.10 ПРОСМОТР И УДАЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ

С помощью команды **Show Constraints** можно просматривать и удалять зависимости для отдельных элементов эскиза. Отобразить информационные панели зависимостей сразу для всех объектов можно с помощью контекстного меню. После того как панели появились на экране, их можно перетаскивать в любое удобное место.

Для показа или удаления ограничений для отдельных примитивов:

1. Щелкнуть по кнопке **Show/Delete Constraints** на панели **Sketch**
2. Остановить курсор над линией или точкой, выдержать паузу, или щелкнуть мышью на элементе геометрии
3. Возле примитива появляются символы, обозначающие геометрические ограничения примитивов. Если ограничения выбранных примитивов связаны с другими примитивами, то эти примитивы подсвечиваются, когда пользователь указывает курсором на соответствующий символ
4. Для удаления геометрического ограничения необходимо щелкнуть мышью для выбора нужного символа связи и нажать на кнопку **Delete**, или выбрать команду **Delete** в контекстном меню
5. Для того, чтобы показать сразу все связи, следует щелкнуть по кнопке **Select** на панели инструментов **Command**, и в контекстном меню выбрать команду **Show All Constraints**. Пользователь может удалить все связи при необходимости по команде **Delete**. Чтобы скрыть все связи, необходимо в контекстном меню выбрать опцию **Hide All Constraints**.

Если несколько линий имеют общие точки, то совпадающие связи появляются для каждой линии. Если эти ограничения удалить для одной линии, то эта линия может быть перемещена. До тех пор, пока все взаимодействующие ограничения не удалены, другие линии сохраняют свои связи.

При добавлении геометрии или изменении эскиза, добавление новой геометрии должно производиться таким образом, чтобы эскиз был повторно проанализирован, а зависимости повторно наложены. Как только расположение требуемых элементов будет изменено, возможно, потребуется еще добавить размеры или зависимости для полного определения эскиза, в командной строке появится соответствующее сообщение.

В процессе создания эскиза пользователь может постоянно корректировать геометрические и размерные ограничения эскиза, чтобы определить, насколько точно требуется рисовать. Для большинства эскизов, можно использовать настройки по умолчанию, однако, при необходимости, можно их изменять.

## 4.5 РАЗМЕРЫ В ЭСКИЗАХ

После того как упрощенный эскиз преобразован в эскиз профиля и наложены геометрические зависимости, конструктор может добавлять размеры для полного определения эскиза. В отличие от геометрических зависимостей, размеры являются параметрическими; изменение их значений приводит к изменению геометрии эскиза. Размеры определяют длину, радиус или угол поворота геометрических элементов в эскизе. Поскольку идет процесс уточнения эскиза, все геометрические зависимости поддерживаются, когда при изменении параметрических размеров изменяются размеры детали.

### 4.5.1 РАЗМЕРЫ И РАЗМЕРНЫЕ СВЯЗИ

Размеры накладывают связи на размер эскиза. Пользователь сам должен определить оставить ли элемент с избыточными связями, если это изменит размер, или включить его в конструкторский элемент, который изменит форму, когда будет использован в другой детали. можно добавить управляемый размер (один, который может внести избыточную связь в эскиз) только для ссылок. размерные связи ограничивают возможности эскиза изменять форму и размеры, и предназначены для уменьшения количества степеней свободы элементов системы. Размерные связи могут быть выражены в численном виде, с помощью формул и в виде параметров. Размерные связи задают в параметрическом виде размеры эскиза, и при их изменении происходит автоматическое преобразование эскиза. Параметрические размеры можно отображать как числовые константы или как уравнения. Каждый из них имеет свое специфическое назначение, хотя можно использовать их вместо друг друга:

- **числовые константы** используют, когда геометрический элемент имеет постоянный размер и не связан с каким либо другим геометрическим элементом. Если все линии и углы являются постоянными величинами и отображаются числовыми значениями, то высота эскиза устанавливается пропорционально длине, даже если позже будут изменены размеры.



- уравнения используют, когда размер геометрического элемента пропорционален размеру другого элемента. В уравнении, можно задать, например, высоту относительно длины.

- переменные d – обозначения параметра, назначенные Inventor при определении параметров. Символ d указывает, что параметр является размером. Цифра показывает порядковый номер размера.

**РАЗМЕР** – способ количественного описания проектируемого изделия с учетом технологических возможностей его изготовления. Размер является совокупностью нескольких элементов: выносных и размерных линий, размерного текста и линии выноски (в определенных случаях).

Размеры на эскизе добавляются для задания ограничений, определения габаритов модели и вывода их на создаваемых проекциях детали. При создании эскиза размеры проставляются так, как удобно конструктору для выполнения конструктивной проработки. После создания проекций размеры могут быть перемещены на чертежах в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

Нанесение размеров позволяет задавать протяженность и взаимное расположение элементов эскиза. После нанесения размера на элемент эскиза изменять его величину перетаскиванием уже нельзя. В Inventor нельзя наносить дублирующиеся размеры элементов. Задавать значения размеров можно, опираясь на другие размеры. Имена размеров являются параметрами. При редактировании размера его значение можно задавать в виде формулы, содержащей один или несколько параметров.

В Inventor существует несколько видов размерных объектов. Каждый из них имеет свое назначение:

- **размеры эскизов** - определяют размер геометрических элементов эскизов в деталях и на чертежах. Назначаются при создании эскиза. В деталях и изделиях размеры эскизов ведут себя так же, как и размеры модели

- **размеры на чертежах** - помещаются на виды чертежей с целью документирования. Размеры на чертежах не управляют размерами соответствующих объектов, но изменяются при каждом изменении модели. Формат размеров на чертеже определяется размерными стилями и чертежными стандартами

- **размеры модели** - определение размеров компонентов деталей и изделий. Размеры модели задаются в процессе конструирования и сборки деталей и изделий. Каждый размер может задаваться отдельно или рассчитываться на основе других размеров модели. Размеры модели можно отображать и на чертежах. Размеры модели называют также параметрическими размерами. Параметрические размеры — это мощное средство моделирования, и пользователю предоставлены разнообразные методы управления ими. Параметрические размеры управляют величиной геометрических объектов и могут отображаться в виде значений, имен параметров или формул. Это позволяет выполнять построение эскиза, не отвлекаясь на проверку корректности расположения и размеров геометрии. Для задания параметрических размеров можно использовать электронные таблицы, применять формулы, устанавливающие различные зависимости между геометрическими элементами, а также задавать значения в виде констант


- **контрольные размеры (Driven)** - используются для показа размеров компонент детали или сборки, но имеют лишь вспомогательный характер. Эти размеры рассчитываются из других характеристик компонент модели. Управляемые (контрольные) размеры можно наносить, а также можно преобразовывать другие размеры в контрольные. Контрольные размеры не управляют геометрией модели, а служат только для отображения величины элементов эскиза, причем редактировать значения этих размеров нельзя - их значение изменяется, когда изменяются параметрические размеры. Поэтому контрольные размеры в большинстве случаев используются как справочные и их размерные числа заключаются в круглые скобки.

Обычно управляемые размеры используются:

- когда размер необходимо отобразить размер, но нанесение обычного размера эскиза приводит к его излишней определенности
- для управления адаптивностью эскиза.

Во время построения эскиза производится автоматическое вычисление размера геометрических объектов. Пользователь также может нанести размеры элементов геометрии вручную. Таким образом, сначала можно создать приблизительный эскиз и построить из него конструктивный элемент, а затем по мере необходимости возвращаться к редактированию эскиза и нанесению размеров, уточняющих геометрию конструктивного элемента.

#### 4.5.2 НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ ЭСКИЗА

В Inventor имеется пять основных типов размеров: линейные, угловые, диаметральные, радиусы и ординатные. Инструмент создания общих размеров  **General Dimension**, расположенный на панели инструментов **Sketch** добавляет ассоциативные размеры, которые:

- редактируются как единый объект – команды редактирования работают со всеми его компонентами (линии, стрелки, элементы текста), как с единым целым

• размерный текст связан с базой размера (с изображением детали). При редактировании объекта являющегося базой размерный текст (значение размера) автоматически корректируется, т. е. автоматически пересчитывается и перерисовывается при редактировании объектов рисунка

По команде **General Dimension** можно проставлять следующие размеры:

- линейный размер из одного элемента
- линейный размер между двумя элементами
- повернутый размер между двумя элементами
- угловой размер между двумя гранями
- угловой размер между тремя точками
- угловой размер внутреннего угла
- угловой размер внешнего угла
- угловой размер между пересекающимися линиями
- радиус
- диаметр. Размеры диаметров создаются по умолчанию, если центровая линия включена в размер

Отображать размеры эскиза можно в одном из следующих форматов:

- текущее вычисленное значение (числовая константа)
- имя параметра
- имя параметра и вычисленное значение
- переменное выражение

Если пользователь добавляет размеры, делающие эскиз излишне определенным, то такие размеры преобразуются в контрольные и их значения обновляются по мере изменения значений параметрических размеров.

При добавлении размеров необходимо придерживаться следующих правил:

- вначале выбираются элементы для образмеривания, а потом указывается, где требуется поместить размер.
- тип размера зависит от элемента, который выбирается и от места размещения размера. Отображается текущий размер выбранного элемента
- вместо текущего размера можно ввести новое значение размера или указать расчетный размер (по зависимости)
- элемент эскиза изменяется согласно введенному значению размера, а размерная линия и размерное число помещается в место, которое указано.

Алгоритм нанесения размеров эскиза:

1.Щелкнуть по кнопке **General Dimension** на панели инструментов **Sketch**

2.Выбрать геометрические элементы в графической области. Задать расположение размера, перемещая указатель мыши:

- указать кривую для нанесения линейного размера
- для нанесения линейного размера между двумя точками, двумя кривыми или между кривой и точкой последовательно щелкнуть мышью на каждой точке или кривой.
- указать дугу/окружность или осевую линию для нанесения ее радиуса или диаметра. Если по умолчанию предлагается не тот тип размера, который нужен, щелкнуть правой кнопкой мыши и из контекстного меню выбрать **Radius/Diameter** для дуги/окружности или опцию **Linear** для центровой линии
- для нанесения углового размера выбрать две кривые

3.Для установки размера в выбранную позицию - указать место размещения и щелкнуть левой кнопкой мыши.

4.Если новый размер приводит к переопределенности эскиза, то можно принять или отменить его нанесение.

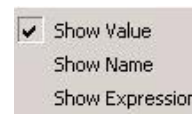
5.Если необходимо, щелкнуть мышкой по размерному числу для его редактирования в диалоговом окне **Edit**

6.Ввести требуемое значение размера в текстовое поле. Программа позволяет ввести численное значение, вычислить его с помощью формулы или получить путем измерения

- чтобы увидеть размерную формулу, следует выбрать размер, затем щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и выбрать **Show Expression** из контекстного меню

- чтобы увидеть имя параметра, следует выбрать размер, затем щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и выбрать **Show Name** из контекстного меню


- для возврата к отображению размерной величины в виде числового значения следует еще раз щелкнуть правой кнопкой и выбрать из контекстного меню **Show Value**



Для установки предпочтений при размещении размеров с избыточными связями (нанесения контрольных размеров) и редактирования размеров во время их размещения следует выполнить команду **Tools/Options** и сделать требуемые настройки на вкладке **Sketch**.

Обычно оставляют автоматически рассчитанные размеры для стабилизации формы эскиза, особенно для больших габаритных размеров. Такая организация простановки размеров позволяет при приведении размеров к точным значениям, обеспечить минимальное искажение формы эскиза.

Для нанесения только отдельных размеров используется команда **General Dimension**. После этого можно рассчитать все остальные размеры эскиза командой **Automatic Dimension**, пиктограмма которой размещена на панели **Sketch**. При этом программа помнит, какие размеры были нанесены отдельно, и их значения не изменяются автонанесением размеров. Команда **Automatic Dimension** используется для достижения достаточной определенности эскиза. Обновление достаточно определенных эскизов после любых изменений модели всегда дает однозначный результат.

После щелчка по кнопке  автонанесения размеров открывается диалоговое окно **Auto Dimension**

- **Curves** – кнопка выбора геометрии для образмеривания
- **Dimensions** – флажок, установка которого обеспечивает автоматическое нанесение размеров на выбранную геометрию
- **Constraints** - флажок, установка которого обеспечивает автоматическое наложение зависимостей на выбранную геометрию
- **Dimensions Required** – текстовое поле, в котором отображается число размеров и зависимостей, необходимых для полной определенности эскиза. Если отказаться от нанесения размеров или наложения зависимостей, общее число в этом поле сокращается
- **Apply** – кнопка нанесения размеров и наложение зависимостей на выбранную геометрию
- **Remove** - кнопка удаления размеров и зависимостей выбранной геометрии
- **Done** - кнопка закрытия диалогового окна



Алгоритм автонанесения размеров на элементы эскиза:

1. Создать геометрию эскиза командами панели **Sketch**.
2. При необходимости, с помощью команды **General Dimension** на эскизе можно нанести ключевые размеры
3. Вызвать команду **Automatic Dimension**
4. В открывшемся диалоговом окне **Auto Dimension** показано число размеров, необходимых для полной определенности эскиза
5. Оставить опции без изменений или сбросить один из флажков для отказа от нанесения размеров или от наложения зависимостей
6. Щелкнуть по кнопке **Curves** для выбора определяемой геометрии. Если необходимо, нажать левую кнопку мыши и, удерживая кнопку, переместить курсор для выбора рамкой. Затем отпустить кнопку мыши
7. Нажать кнопку **Apply** для нанесения размеров на выбранную геометрию
8. Если необходимо, выбрать отдельные размеры и нажать кнопку **Remove**
9. Для завершения нажать кнопку **Done**

#### 4.5.3 РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ

Размеры эскиза можно редактировать независимо от того, поглощен или нет эскиз конструктивным элементом. Если эскиз не поглощен, то его размеры отображаются в графической области и доступны для редактирования. В противном случае следует выбрать этот конструктивный элемент в браузере, а затем выполнить редактирование эскиза с помощью контекстного меню.

Размеры и их параметры могут редактироваться в компоненте уже после его размещения в изделии. Благодаря этому можно не тратить время на описание семейств однотипных деталей, а использовать одну деталь, задавая ее размеры по месту. Во время редактирования эскиза расположение его размеров настраивается по мере обновления геометрии. При повороте вида эскиза размеры автоматически переориентируются, чтобы не терялось удобство их восприятия.

Редактироваться могут только параметрические (но не контрольные) размеры. Контрольные размеры можно преобразовать в параметрические. Для этого нужно выбрать опцию **Normal** в списке стилей, расположенном на стандартной панели инструментов. Чтобы избежать избыточной определенности эскиза, возможно, при этом понадобится преобразование других размеров в контрольные.

Редактирование размеров осуществляется с помощью диалогового окна **Edit Dimension**. Пользователь может ввести в текстовое окно, как числовое значение размера, так его идентификатор или использовать параметрическое обозначение. При использовании формул при образмеривании элементов эскиза задавать их можно в диалоговом окне **Edit Dimension**. Для вызова этого окна следует дважды щелкнуть мышью на

размере. Если далее выбрать какой-либо размер, соответствующий ему параметр отображается в диалоговом окне. Параметры можно использовать в качестве операндов формул (например,  $D1*2$ ). Переопределение единиц для отдельных размеров. Даже если в файле детали заданы метрические единицы, в диалоговом окне **Edit Dimension** можно вводить размеры в дюймах.

Редактировать эскизные размеры можно до или после того, как эскиз станет частью элемента. Если, его размеры видимы и могут быть отредактированы. После того, как эскиз поглощен элементом для его редактирования, необходимо активизировать элемент с помощью браузера.

Алгоритм редактирования размеров:

1. Для редактирования значения размера:

1.1. эскиза, не поглощенного элементом следует открыть диалоговое окно **Edit** одним из способов:

- если инструмент **General Dimension** активен, щелкнуть на размере для его изменения.

- если инструмент **Select** активен, выполните двойной щелчок на размере для его изменения.

1.2. эскизных размеров в созданном элементе:

1.2.1. в браузере выбрать элемент для изменения

1.2.2. в контекстном меню выбрать опцию **Edit Sketch**. Элемент временно скрывается и показывается чертеж

1.2.3. двойным щелчком по размеру открыть диалоговое окно **Edit Dimension**

1.3. редактироваться могут только обычные размеры. Для преобразования управляемых размеров в обычные, щелкнуть по кнопке **Style** на панели инструментов **Command** и в списке выбрать стиль **Normal**. Чтобы избежать внесения в эскиз избыточных связей, необходимо конвертировать обычный размер в управляемый

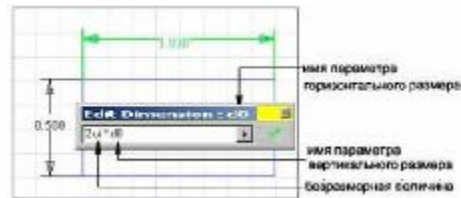
2. Ввести новое значение или щелкнуть по стрелке и выбрать команду ввода результатов измерения **Measure**, или уравнение **Equation**, или одно из показанных в списке значений

3. Для принятия нового значения размера:

3.1. в эскизе, не поглощенного элементом - щелкнуть на галочке для принятия значения нового размера

3.2. в эскизе созданного элемента - щелкнуть на галочке для принятия значения нового размера. Для обновления элемента с новым размером - щелкнуть по кнопке **Update**

Удаление размерной связи из эскиза обеспечивает возможность эскизу изменить размер, как необходимо. Деталь с адаптивным элементом изменяется в сборках, когда они приспособляются к фиксированному элементу. Для удаления размера необходимо щелкнуть по кнопке **Select** и в контекстном меню размера выбрать команду **Delete** (если эскиз является частью элемента, щелкнуть на кнопке **Update** после того, как размеры будут удалены).





## ГЛАВА 5 СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одно из достоинств компьютеризации процесса проектирования заключается в том, что существующие данные можно использовать многократно. Конструирование детали сводится к созданию эскизов и формированию из них трехмерных конструктивных элементов, которые собираются в детали. Inventor — это средство компьютерного трехмерного моделирования деталей, оперирующее конструктивными элементами.

**КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ** — отдельный компонент модели детали, представляющий собой часть пространственной детали (обычно в параметрическом виде), который доступен для редактирования, может быть сохранен и использован в других конструкциях. Конструктивные элементы бывают эскизные и типовые.

**ЭСКИЗНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ** создаются на основе эскизов и могут участвовать в операциях объединения, вычитания или пересечения с другими конструктивными элементами. Любая деталь состоит из комбинации конструктивных элементов, которые связаны между собой. Форма эскиза определяется зависимостями (они накладываются автоматически по умолчанию), а протяженность эскиза — размерами. Часть геометрии эскиза может не иметь размеров, ее размеры могут быть заданы позднее.

**ТИПОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ** моделируют ряд операций механической обработки, для которых не требуется эскизов (например, отверстия, фаски, галтели, оболочки наклонные грани и т.д.).

Процесс моделирования деталей в Inventor использует принцип базирования на конструктивных элементах обладающих связанной внутренней иерархией. Структура этой взаимосвязи зависит от того, в какой последовательности создавались конструктивные элементы. Поэтому детальное планирование процесса создания модели детали значительно упрощает не только сам этот процесс, но и дальнейшее редактирование детали.

Сложные детали создаются путем комбинирования четырех типов конструктивных элементов:

эскизных, типовых рабочие элементы и массивы, размещение которых задается с помощью зависимостей и размеров. Если не наносить размеры на часть геометрии конструктивного элемента, то такой конструктивный элемент можно сделать адаптивным, и его размеры смогут в дальнейшем изменяться при наложении зависимостей относительно фиксированной геометрии в изделии.

### 5.1 СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛ

При создании нового или открытии уже имеющегося файла детали активизируется среда моделирования деталей. При этом становятся доступными команды панелей инструментов **Sketch** и **Features**, с помощью которых создается твердотельная модель детали. В этой среде можно создавать и редактировать конструктивные элементы, устанавливать рабочие элементы, формировать массивы, а также комбинировать конструктивные элементы в деталь. Для доступа к свойствам элементов, редактирования эскизов, отображения или скрытия конструктивных элементов, добавления примечаний, а также для назначения элементам свойства адаптивности используется браузер.

В среде конструирования деталей возможно выполнение следующих действий:

- создание или открытие файла детали.
- создание геометрии эскиза, наложение на нее зависимостей и размеров с помощью команд панели инструментов работы с эскизами.
- построение 3D-моделей на основе эскизов с помощью команд панели инструментов работы с конструктивными элементами
- комбинирование конструктивных элементов для формирования деталей
- редактирование конструктивных элементов и эскизов, их отображение и скрытие
- добавление примечаний
- назначение элементам свойства адаптивности
- изменение свойств элементов с помощью браузера.

**БАЗОВЫЕ ТЕЛА** — это модели, созданные в других САПР и сохраненные в формате SAT или STEP. Базовое тело можно открыть в Inventor как базовый конструктивный элемент фиксированных размеров. В отличие от своих собственных моделей, Inventor не предоставляет доступа к эскизам и конструктивным элементам базовых тел.

Для редактирования импортированных тел используется среда моделирования тел. Добавлять к телам конструктивные элементы нельзя. Исключение составляют рабочие элементы, которые используются как вспомогательная геометрия.

Основные отличия среды моделирования тел от среды конструирования деталей приведены в таблице;

	СРЕДА РАБОТЫ С ДЕТАЛЯМИ	СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛ
Открытие файла	Автоматическая активизация среды при открытии или создании файла.	Активизация среды двойным щелчком на значке базового тела в браузере.
Средства	Создание и редактирование эскизов и конструктивных элементов, комбинируемых в детали. Команды построения конструктивных элементов и эскизов добавляют геометрию к базовому телу, пока не активизирована среда моделирования тел.	Специальные команды удлиняют или сжимают базовое тело, а также управляют имеющимися гранями.
Геометрия	Между геометрическими объектами устанавливаются связи с помощью размеров и зависимостей. После активизации эскиза или конструктивного элемента возможно изменение величин.	Параметрические изменения и построения новых конструктивных элементов невозможны. Добавлять можно только рабочие элементы (как вспомогательную геометрию). Выход из среды происходит по нажатию кнопки <b>Update</b> .

В среде моделирования тел выполняются следующие действия:

- размещение рабочих элементов как вспомогательной геометрии
- удлинение или сжатие тела относительно плоской грани или рабочей плоскости
- непараметрическое перемещение одной или нескольких граней
- удаление базового тела после сохранения ребер грани в качестве контура эскиза.

При обновлении измененного базового тела конструктивные элементы, добавленные в среде конструирования деталей, перемещаются в соответствии с внесенными изменениями. При изменении размеров базового тела возможно использование команд **Measure** и **Precise Input**.

В среде моделирования тел недоступны действия по добавлению, изменению и удалению: размеров, зависимостей, эскизов, конструктивных элементов (кроме рабочих элементов).

### 5.2 ШАБЛОНЫ ДЕТАЛИ

Каждая новая деталь создается на основе шаблона, который устанавливает по умолчанию единицы измерения, свойства файла и свойства модели. Файл `standard.ipt` в папке `Templates` является шаблоном детали по умолчанию. Для его замены необходимо удалить файл `standard.ipt` и заменить его шаблоном, который был создан, присвоив ему это же имя.

Кроме заданного по умолчанию шаблона, можно использовать пользовательские шаблоны, которые создаются на основе любого файла детали. Для этого необходимо только сохранить деталь в папке `Templates`. Так, например, можно создать деталь с заданными настройками, свойствами и другими элементами, которые необходимы в других деталях, а затем сохранить копию файла этой детали в папке `Auto-desk\Inventor\Templates`. Шаблон становится доступным уже при создании следующей детали.

В файл шаблона детали могут входить настройки с заданными значениями для упрощения процесса создания новых деталей. Можно выполнить следующие настройки, сохраняемые в файле детали:

- задать параметры сетки и размеры изображений координатных плоскостей для оптимального размещения большинства деталей в графической области.
- создать эскиз по умолчанию с набором рабочих элементов, таких как рабочая ось через точку пересечения трех координатных плоскостей.
- создать эскиз на плоскости, отличной от плоскости XY, для задания изометрического вида.
- создать эскизы или объемные элементы, на основе которых строится большинство деталей.
- при необходимости, в различных шаблонах задать различные единицы измерений для создания деталей с разными единицами измерений.
- определить основные параметры или подключить таблицы параметров.
- определить материал по умолчанию.
- при использовании стилей освещения и цветовых стилей, необходимо установить стили таким образом, чтобы они были доступны при возникновении необходимости.

Алгоритм создания шаблонов деталей:

1. Создать новую деталь, используя существующий шаблон.
2. Установить единицы измерения по умолчанию.
3. Если необходимо, изменить настройки сетки и размеры начальных рабочих плоскостей для лучшего приспособления к размерам обычно применяемых деталей.
4. Создать рабочие плоскости, эскизы или элементы, которые должны быть в каждом файле детали
5. Задать часто используемые параметры или ссылки на таблицы параметров.
6. Задать свойства файлов.
7. Сохранить файл в папке `Templates` или в папке, входящей в `Templates`. Файл детали автоматически станет шаблоном, когда он будет сохранен в папке `Templates`.

### 5.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУЛЕВЫХ ОПЕРАЦИЙ ДОБАВЛЕНИЯ/УДАЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА

**ДОБАВЛЕНИЕ (Join).** При объединении эскизируемого элемента с твердотельной деталью образуется новое тело, объем которого равен сумме объемов нового элемента и существующей детали.

Профиль для выдавливания — наиболее часто используемые элементы, которые используются для создания базового элемента или в булевом моделировании для вычитания, пересечения и объединения с другими элементами. Элемент выдавливания может быть создан только из замкнутого профиля, который определяет базовое сечение, затем на профиль накладываются ограничения и параметрические размеры. Только после этого осуществляется выдавливание профиля (экструзия) для создания твердого тела. Пользователь задает траекторию, глубину и угол выдавливания, и определяет метод экструзии (добавление или удаление материала).



Базовым элементом является только первый выдавленный элемент. Если элемент выдавливания формируется на основе другого элемента модели, то он может добавляться, вырезаться, или пересекаться с существующим элементом. Твердотельную модель можно создать выдавливанием профиля по траектории перпендикулярной плоскости эскиза. Процесс создания твердотельного элемента выдавливанием материала на основе созданного профиля, является методом создания объемной детали путем придания эскизу третьего измерения. В Inventor применяются три способа выдавливания: в прямом направлении, в обратном направлении и в обоих направлениях.

**ВЫРЕЗАНИЕ (Cut).** При операции вырезания эскизируемого элемента из твердотельной детали образуется новое тело, объем которого равен разности объема существующей детали и объема нового элемента. Некоторые операции удаления/добавления материала могут быть объединены при их выполнении. Основной принцип такой обработки детали заключается в том, что к имеющейся твердотельной модели, а вернее к ее профилю добавляется еще эскиз профиля.

**ПЕРЕСЕЧЕНИЕ (Intersect).** При пересечении создается твердое тело в месте пересечения двух элементов, а оставшийся материал удаляется. Это булева операция, при которой производится сохранение общей части детали и ее нового элемента при их трехмерном пересечении.

При добавлении к детали элемента, созданного на основе эскиза, руководствуются алгоритмом:

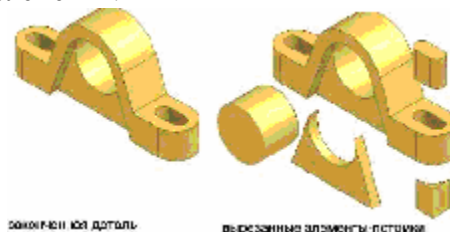
1. Создать базовую деталь – основание
2. Построить требуемые рабочие плоскости
3. Определить плоскую грань/рабочую плоскость в качестве активной плоскости эскиза
4. На этой грани/плоскости создать профиль нового элемента
5. Добавить требуемые ограничения и размеры
6. Сохраняя общую часть нового элемента и детали выполнить требуемые операции над профилем удаляя/добавляя к детали материал.

### 5.4 СОЗДАНИЕ БАЗОВОГО ЭЛЕМЕНТА ДЕТАЛИ

**БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ** - конструктивный элемент, который создается в файле детали первым и наиболее полно представляет форму детали. В качестве базовых элементов можно использовать рабочие элементы, а также импортированное базовое тело (из файла с расширением .sat или .step).

В процессе моделирования добавляется большое количество дополнительных элементов, которые, объединяясь с базовым элементом, или друг с другом, создают деталь. Количество дополнительных элементов зависит от того, какой элемент был создан в качестве базового. Наличие базового элемента является обязательным условием, т. к. именно к нему добавляются конструктивные элементы.

Между конструктивными элементами существуют взаимосвязи типа «предок-потомок». Базовый элемент является предком всех других элементов детали. Элемент может иметь несколько поколений потомков. Элемент-потомок создается после элемента-предка. Без предка потомок существовать не может. Например, на отливке можно создать бобышку, которая, в зависимости от предназначения детали, может либо иметь просверленное отверстие, либо не иметь такового. Бобышка (предок) может существовать без отверстия (потомка), однако обратное невозможно: отверстие не может существовать без бобышки.



Следовательно, грамотное планирование процесса может существенно сократить время и количество действий, необходимых для создания детали. Перед созданием модели детали необходимо определить:

- какой вид детали наиболее удачно отображает ее форму. Как правило, в качестве базового выбирают элемент, который наиболее полно изображается на этом виде

- какие из конструктивных элементов детали являются наиболее важными. Рекомендуется сначала создавать именно эти элементы, и затем, при создании других элементов, опираться на них
- для каких элементов требуется эскиз, а для каких не требуется. Как поверхности, так и тела могут быть созданы путем выдавливания соответствующих контуров. Для фасок и сопряжений эскизы не нужны
- возможно ли эффективное использование исходной и координатных плоскостей. Например, если ось вала параллельна одной из координатных осей, для создания эскиза шпоночной канавки можно выбрать в браузере одну из координатных плоскостей
- будет ли полезным применение цветов. Применение различных цветов и характеристик отражения помогает отличать детали друг от друга.

После того, как спланирована стратегия, необходимо выбрать способ создания конструктивного элемента.

- **сдвиг контура** вдоль воображаемого отрезка. Выдавливание можно использовать как для создания тел, так и для создания поверхностей.
- **поворот контура** вокруг выбранной оси.
- **протягивание по сечениям**, причем, эскизы сечений конструктивного элемента создаются в разных рабочих плоскостях. Переход от одного сечения к другому может осуществляться по кривой.
- **сдвиг контура** вдоль криволинейной траектории

Эскиз может состоять из одного или нескольких контуров, при этом контуры могут пересекаться, быть вложенными или островками. Эскиз может быть создан на имеющейся плоской грани, где можно выбрать необходимые контуры ребер. Несколько контуров, по которым строится один конструктивный элемент, группируются в один составной

Алгоритм создание базового элемента на основе эскизов контуров

1. Построить один или несколько контуров.

2. На панели **Features** вызвать одну из команд создания твердого тела **Extrusion**, **Rotation**, **Sweep** или **Loft**

3. Указать построенные контуры. Для отмены выбора отдельного контура следует щелкнуть на контуре, удерживая нажатой клавишу **CTRL**

Для того чтобы изменить эскиз или параметры эскизного конструктивного элемента, следует щелкнуть правой кнопкой мыши в браузере на значке конструктивного элемента и выбрать соответственно **Edit Sketch** или **Edit Feature** из контекстного меню. После того как изменения внесены, нажать кнопку **Update**.

### 5.5 ЭСКИЗНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

**ЭСКИЗНЫЙ КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ** – пространственная форма, получаемая из эскиза, вычерченного на плоской поверхности или рабочей плоскости, с наложенными на него размерными и геометрическими ограничениями, путем использования команд добавления/удаления материала. Такой конструктивный элемент описывается параметрами, значения которых пользователь вводит при создании элемента. В дальнейшем можно изменять как геометрию эскиза, так и значения параметров.

В качестве контура можно использовать любой замкнутый 2D-эскиз; допускается включение в него ребер модели. Контуры необходимы для построения элементов выдавливания, вращения, сдвига и натягивания, а также пружин.

Построение элемента на основе профиля проводится в следующем порядке:

1. Выполнить эскиз
2. Провести профилирование эскиза
3. Добавить к профилю требуемые размеры и ограничения для его определения
4. С помощью булевых операций добавить/удалить материал
5. Добавить к базовой детали типовые конструктивные элементы

К детали можно добавлять неограниченное количество элементов, созданных на основе эскиза. Редактировать конструктивные элементы можно и после их создания, поэтому на первоначальном этапе рекомендуется ограничиться лишь их приблизительными набросками. На следующих стадиях процесса проектирования модели можно уточнять, добавляя геометрические и размерные зависимости. Для просмотра альтернативных вариантов можно изменять взаимосвязи между конструктивными элементами, а также добавлять или удалять элементы.

Созданные в Inventor трехмерные модели обладают связанной внутренней иерархией. Связность внутренней иерархии означает, что после редактирования эскиза, лежащего в основе конструктивного элемента, или параметров создания этого элемента, производится обновление детали в соответствии с внесенными изменениями. Например, изменить длину выдавленного конструктивного элемента можно, задав другое значение глубины выдавливания. Кроме того, связность позволяет выражать одни размеры элемента через другие, поддерживая их заданное отношение.



В большинстве случаев не возможно автоматически преобразовать весь чертеж, а можно получить только основную форму с размерами, после чего выполнить профилирование и превратить чертеж в деталь. Для деталей простой формы достаточным является создание базового элемента простым выдавливанием или вращением вокруг ребра. Для создания более сложных деталей создаются на плоскости эскизы элементов, а потом с ними выполняются действия: вытягивание, вращение, продвижение по траектории, добавление/удаление материала с помощью операций: вырезания, объединения, пересечения и разнесения.

Для любого элемента добавляемого к базовому элементу могут и должны быть добавлены соответствующие ограничения и размеры. Размеры могут быть добавлены к профилям на плоскости текущего эскиза и для геометрических конструкций не лежащих на этой плоскости.

Для создания твердотельных моделей деталей используются следующие основные операции: выдавливание контура, сдвиг или проецирование контура вдоль траектории, вращение контура вокруг оси. Построенные таким образом модели называются телами, так как они имеют объем, в то время как каркасные модели задают только ребра детали.

### 5.5.1 ЭЛЕМЕНТЫ ВЫДАВЛИВАНИЯ (EXTRUDE)

**Выдавливание** (экструзия) – процесс создания конструктивного элемента путем придания объема контуру эскиза. Форма создаваемого конструктивного элемента определяется формой эскиза, ограничивающими плоскостями и углом конуса.


Выдавленные конструктивные элементы являются компоновочными блоками деталей. При проектировании изделий они представляют определенные производственные операции. Для выдавливания задаются направление, глубина, угол конуса и метод ограничения. Для добавления конструктивных элементов, уточняющих форму детали, можно повторять выдавливание или использовать другие операции.

Особенности элементов выдавливания:

- если выдавленный элемент создается первым среди конструктивных элементов, то он станет базовым
- выдавленный конструктивный элемент, добавляемый к другому элементу, может с ним объединяться, вычитаться или пересекаться
- в результате пересечения образуется тело, форма которого определяется совместно занимаемым объемом двух конструктивных элементов; а части исходных элементов, расположенные за пределами образованного тела, удаляются
- выдавленные конструктивные элементы сборки могут использоваться для обработки других деталей.

Для выдавливания вначале создается контур, представляющий поперечное сечение элемента. Можно выбрать разомкнутый контур или контур, образованный опорной геометрией (границами созданных ранее конструктивных элементов - линиями эскиза или проецированными ребрами граней). В результате выдавливания можно создать деталь как тело или поверхность. Геометрия, которая выбирается для выдавливания, определяет результат выдавливания:

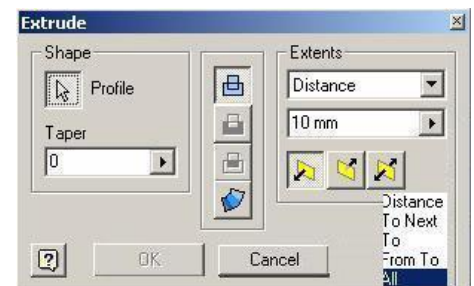
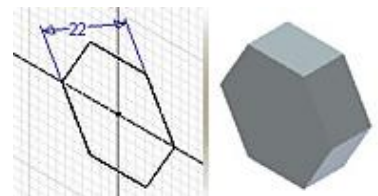
- для построения тела можно выбрать только замкнутые кривые или области, единственный контур такого вида в эскизе будет выбран автоматически. При автоматическом выборе замкнутой области выбрать другие элементы геометрии невозможно
- для построения поверхности необходимо выбрать незамкнутый контур. При автоматическом выборе замкнутой кривой невозможно выбрать область. Созданная выдавливанием поверхность может быть использована для ограничения других конструктивных элементов или разделения детали

Выдавливание производится вызовом команды **Extrusion**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Features**. После вызова команды открывается одноименное диалоговое окно, в котором содержатся команды и опции:

**vShape** – зона, в которой содержатся опции выбора области или контура для выдавливания. Если эскиз содержит несколько контуров, пользователь может их выбирать, нажав кнопку **Profile**. Результат выдавливания (тело или поверхность) определяет, какие контуры можно выбирать

**ØProfile** – кнопка выбора профиля

**§Single profile** - выбор одиночного контура или области. В этом случае контур или область выбираются автоматически. Команда **Select Other** позволяет выбрать контур вместо области. Для задания



глубины и направления выдавливания можно перетащить ребро образца нового элемента в графической области


**\$Multiple profiles** - выбор нескольких контуров и областей. В этом случае необходимо указать контуры или области, участвующие в операции. Выбранные контуры подсвечиваются. Допускается использование команды **Select Other**. Для отмены выбора отдельных контуров нужно повторно указать их, удерживая нажатой клавишу CTRL

**\$Nested profiles** - вложенные контуры. Можно выбрать несколько вложенных контуров


**ØTaper** – угол конуса, отсчитываемый от нормали к плоскости построений для обоих направлений. Для задания отрицательного угла его значение вводится со знаком «минус». Задание положительного угла конуса увеличивает площадь сечения по ходу вектора выдавливания, задание отрицательного угла конуса уменьшает площадь сечения по ходу вектора выдавливания. При задании угла конуса для вложенных контуров может быть получен различный результат - при задании положительного угла внешний контур расходится, внутренний — сходится.


Опция доступна для всех типов ограничения. Если задан угол конуса, то в графической области отображается стрелка указывающая направление сужения/расширения. Для сведения на конус только отдельных сторон конструктивного элемента следует сначала создать выдавленный элемент без применения угла конуса, а затем с помощью команды **Draft** задать наклон для отдельной грани

**✓Operation** – зона, в которой содержатся кнопки выполнения булевых (логических) операций, определяющей взаимодействие с имеющимися конструктивными элементами. Выдавливаемый элемент может объединяться с другим элементом, вычитаться из него или образовывать с ним пересечение. Если создается базовый конструктивный элемент, то выбор этих операций недоступен

 **Join** - объединение выдавленного конструктивного элемента с другим элементом. Метод недоступен при выдавливании в сборках

 **Cut** - удаление объема выдавленного конструктивного элемента из другого элемента

 **Intersect** - создание нового конструктивного элемента, занимающего объем пересечения выдавленного и имеющегося конструктивных элементов. Весь остальной материал удаляется. Метод недоступен при выдавливании в сборках

 **Surface** – создание поверхности из открытого или закрытого профиля. Поверхность может использоваться как конструкционная поверхность, у которой оканчиваются другие компоненты, или может использоваться как разделительная поверхность (**Split**) для разделения детали

**✓Extents** – зона, в которой содержатся опции задания метода ограничения и глубины выдавливания. Метод ограничения выбирается из раскрывающегося списка. Выдавливание может быть определено глубиной, либо ограничено рабочей плоскостью, вспомогательной поверхностью или гранью детали (плоской, цилиндрической, сферической или тороидальной). Направление выдавливания задается соответствующими кнопками

**ØDistance** - расстояние. Выдавливание определяется значением глубины, то есть расстоянием от плоскости эскиза до конечной плоскости. Глубина выдавливания вводится в числовом поле диалогового окна, после чего в графической области появляется образец нового элемента. Конечная грань выдавливания располагается параллельно плоскости построений

**ØTo Next** - до следующего. Для ограничения выдавливания в заданном направлении выбирается ближайшая возможная грань или плоскость. Направление задается кнопками смены направления или перемещением контура мышью. Метод недоступен при выдавливании в сборках и создании базовых элементов. В качестве ограничения можно выбрать тело или поверхность

**ØTo** - до выбранного. При работе с деталями пользователь может выбрать ограничивающую грань или плоскость. Выдавливаемый элемент может быть ограничен либо самой выбранной гранью, либо ее продолжением. Выбирать ограничения необходимо и при работе со сборками, где грань или плоскость может располагаться на другом компоненте, при этом расположение грани или плоскости в изделии не должно изменяться:

- для окончания выдавливания у выбранной поверхности необходимо щелкнуть левой кнопкой
- для окончания выдавливания у выбранной плоскости или отнесенной рабочей плоскости – щелкнуть правой кнопкой

**ØFrom-To** - от и до. При работе с деталями пользователь может выбрать начальную и конечную ограничивающую грань или плоскость. Выбирать ограничения необходимо и при работе с сборками. Грань или плоскость может располагаться на другом компоненте. При этом расположение грани или плоскости в изделии не должно изменяться. Метод недоступен для базовых конструктивных элементов

**ØAll** - все. Выдавливание через все конструктивные элементы и эскизы в определенном направлении. Направление задается кнопками смены направления или перемещением контура мышью. Для этого метода недоступна опция **Join**.

Рекомендуется использовать ограничения **Distance** и **To Next** везде, где это возможно. Если при изменении модели удаляется грань, используемая для ограничения выдавливания, пользователь должен вновь создать выдавленный элемент. Этого не произойдет, если выдавливание осуществляется на определенное расстояние или до следующей существующей грани.

Если выдавленный элемент может быть ограничен более чем одним телом (деталью или поверхностью), необходимо указать все используемые ограничители. При работе со сборкой в качестве ограничителя указывается грань. Зуммирование облегчает выбор небольших по площади объектов.

В сборках выдавленные элементы могут использоваться как конструктивные элементы деталей и изделий, в зависимости от файла, в котором они создавались. Например:

- при работе с изделием вновь создаваемый конструктивный элемент может ограничиваться имеющимися плоскостями и гранями деталей.
- созданный в сборке контур выдавливается, образуя конструктивный элемент сборки. При этом новый элемент может проходить через один или более компонент сборки. В качестве начала и ограничивающей плоскости могут использоваться грань детали или рабочая плоскость. При этом расположение грани или плоскости в изделии не должно изменяться.

Алгоритм создание выдавленного элемента:

1. Создать или выбрать контур, представляющий поперечное сечение будущего элемента. Для создания конструктивных элементов изделий следует использовать только замкнутые контуры

2. Вызвать команду **Extrude**. Если в эскизе существует единственный замкнутый контур, он выделяется автоматически.

3. Если несколько, то нажать кнопку **Profile** и выбрать нужный контур. При выборе можно воспользоваться командой **Select Other**

4. Выбрать тип взаимодействия с другими конструктивными элементами — **Join**, **Cut** или **Intersection**. При выполнении выдавливания в сборке доступна только кнопка

5. В группе **Operation** раскрыть список и выбрать метод ограничения выдавливания. Некоторые методы недоступны при создании базового конструктивного элемента. Для метода

- **Distance** - ввести значение расстояния выдавливания
- **To Next** - кнопки выбора направления выдавливания. Метод недоступен при выдавливании в сборках

- **To** - указать конечную ограничивающую плоскость
- **From – To** - указать исходную и конечную ограничивающие плоскости
- **All** - нажать одну из кнопок для выбора направления выдавливания.

6. Если выдавливание производится с сужением или расширением, ввести значение в поле **Taper**. В графической области направление сужения/расширения отображается стрелкой.

7. Нажать ОК.

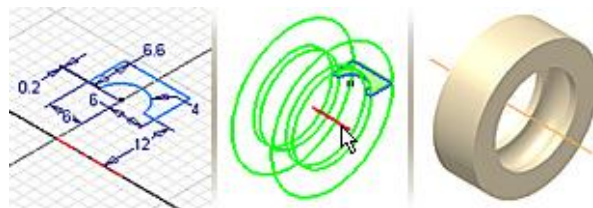
## 5.5.2 ЭЛЕМЕНТЫ ВРАЩЕНИЯ (REVOLVE)

На вращении профиля вокруг прямолинейной кромки или оси основан метод получения твердотельных деталей цилиндрической формы. Тела вращения создаются путем перемещения одного или более образующих профилей вокруг оси на любой угол от 0 до 360 градусов. Некоторые из таких конструктивных элементов могут определять общую форму детали (т.е. быть базовыми) или же дополнять форму, например, в качестве ребер жесткости.

Конечная форма и объем тела вращения определяется размерами исходного профиля и углом его поворота. Эскиз должен представлять собой замкнутый контур, кроме тех случаев, когда строится поверхность. Профиль и ось должны быть компланарными (лежать в одной плоскости). Ось вращения может быть частью профиля (кромка существующей детали) или лежать вне ее (рабочая ось).

Инструмент **Revolve** используется для создания тел, имеющих осевую симметрию, таких как ступенчатые валы, стаканы, диски, уплотнительные кольца, крышки и т.д. Профиль, вращаемый вокруг оси, отстоящей от профиля, создает тело вращения с отверстием, такие как шайба, опока или труба. Эти тела могут определять полную форму детали, или становиться элементами других деталей. Если тело вращения является первым телом в файле детали, оно становится базовым телом.

На основе контура (замкнутого или разомкнутого) может быть создано



- тело. Незамкнутые контуры недоступны для базовых конструктивных элементов
- поверхность из разомкнутого или замкнутого контура, которая может в дальнейшем использоваться для ограничения других конструктивных элементов или разделения детали. Не доступно в среде сборки

Если команда используется в среде сборки, то в качестве результата может быть только тело. Элементы вращения можно создавать в среде сборки со следующими ограничениями:

- не поддерживается опция результата **Surface**
- не поддерживается операция **Join**
- не поддерживается операция «пересечение» **Intersect**

Диалоговое окно **Revolve** создания элемента вращения путем вращения одного или нескольких профилей (замкнутых контуров) вокруг оси открывается после щелчка по одноименной кнопке на панели инструментов **Feature**. Опции диалогового окна:

**✓Shape** – зона, в которой содержатся кнопки выбора

**ØProfile** – кнопка выбора контура для вращения. Если в графической зоне содержится несколько профилей, и ни один из них до ввода команды **Revolve** не был выбран, то после нажатия этой кнопки необходимо указать на один/несколько профилей. Для удаления неверно указанного профиля из набора необходимо нажать клавишу CTRL и указать на этот профиль

**\$Single Profile** – автоматический выбор единственного профиля

**\$Multiple Profiles** – кнопка выбора нескольких профилей, расположенных в графической зоне на одной плоскости построений. Выбранные профили будут подсвечены

**\$Nested Profiles** – выбор нескольких вложенных друг в друга профилей. В результате вращения из твердого тела, образованного внешним профилем вырезается трехмерная модель, образованная внутренним профилем. Например, вращением концентрических кругов разного диаметра можно получить полый тор

**ØAxis** – кнопка задания оси вращения. Осью вращения может назначаться рабочая ось, конструктивная линия или обычный прямолинейный отрезок

**✓Operation** – зона, в которой расположены кнопки опций определяющих взаимодействие с имеющимися конструктивными элементами выдавливания. Элемент вращения может объединяться с другим элементом, вычитаться из него или образовывать пересечение с ним. Если создается базовый конструктивный элемент, то выбор этих операций недоступен:

**ØJoin** – добавление объема нового элемента к существующему. Элемент вращения объединяется с другим элементом. Не доступно в среде сборки

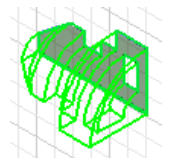
**ØCut** – вычитание объема нового элемента из существующего

**ØIntersect** – пересечение. Создание нового конструктивного элемента, занимающего объем пересечения элемента вращения и имеющегося конструктивного элемента. Весь остальной материал удаляется. Не доступно в среде сборки

**ØSurface** – создание новой поверхности из открытого или закрытого профиля. Может применяться как конструктивная поверхность, у которой заканчивается твердотельный элемент или как поверхность разнесения детали

**✓Extents** – список, в котором содержатся опции задания угла и направления вращения. Метод ограничения выбирается из раскрывающегося списка. Построение элемента вращения может ограничиваться заданным углом, рабочей плоскостью или гранью детали:

**ØAngle** – опция по умолчанию. Позволяет задать угол вращения профиля вокруг оси вращения (на рисунке угол вращения профиля равен 900). С помощью кнопок со стрелками можно указать направление вращения или выполнить операцию в обе стороны относительно оси вращения



**ØFull** – вращение профиля на угол 3600

Алгоритм создания тела вращения:

1. Создать эскиз, представляющий поперечное сечение будущего элемента. Эскиз должен представлять собой замкнутый контур, кроме тех случаев, когда строится поверхность

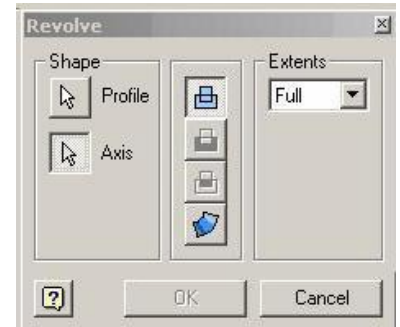
2. Вызвать команду **Revolve**

- если в эскизе имеется единственный контур, то он выделяется автоматически
- если несколько, то нажать кнопку **Profile** и выбрать нужный контур. В качестве контуров могут использоваться только непоглощенные эскизы на активной плоскости построений

3. Нажать кнопку **Axis** и указать ось на активной плоскости построений

4. Выбрать тип взаимодействия с другими конструктивными элементами — **Join**, **Cut** или **Intersection**.

Выбор операции невозможен, если в результате команды должна быть получена поверхность. Если создается базовый конструктивный элемент, то выбор операций недоступен (кроме кнопок **Join** и **Surface**).





5. В группе **Operation** выбрать из списка опцию **Full** или **Angle**. Для угла выбрать направление вращения или выбрать вращение в обе стороны от оси.

6. Нажать одну из кнопок смены направления вращения. Выбранное направление схематично изображается на модели в графической области

### 5.5.3 ЭЛЕМЕНТЫ ПРОТЯГИВАНИЯ ПО СЕЧЕНИЯМ (LOFT)

В инженерной практике встречаются случаи, когда деталь, в связи со сложностью профиля, не возможно построить выдавливанием или вращением. В этом случае такая деталь создается по сечениям и представляет собой твердое тело, называемое плаз, как бы «натянутое» на набор плоских петель или нескольких сечений, расположенных в разных плоскостях. **Плаз** – это эскизируемый твердотельный элемент созданный переходом по сечениям нескольких профилей с разными формами или отдельными плоскостями для создания комплексной формы, такой как используемая в пластиковых деталях или моделях. Плазовая поверхность Э затем может быть использована как плоскость завершения для других элементов или использована как сшитая поверхность для сшитой детали.



Для создания плазовой детали используется несколько эскизов различной формы, на контуры которых натягивается поверхность твердотельного элемента. Плоскости, на которых расположены профили, обычно параллельны, но могут использоваться любые неперпендикулярные плоскости. Пользователь может создать достаточно большое количество профилей, но чтобы не допустить скручивания плаза лучше маркировать точки на каждом профиле, лежащими в одном направлении и на кратчайшем расстоянии.

Начальный и конечный профили может быть плоскими, но могут быть сделаны касательным к плоскости элемента для сглаживания переходов. Чтобы использовать плоские поверхности как начальная или конечная для плаза, обычно создается эскиз на плоскости, так чтобы кромки поверхности были доступны для выбора ребер в плазе.

Если используется петля на плоскости или непараллельной поверхности, то ее можно использовать без создания эскиза на поверхности. Петли могут быть определены, используя:

- профили
- замкнутые планарные поверхности
- рабочие точки

Требование к применяемым профилям:

- каждый используемый профиль должен помещаться на собственной рабочей плоскости
- рабочие плоскости, на которых находятся профили, должны располагаться на некотором расстоянии друг от друга
- начальный и последний профили не могут располагаться на одной плоскости
- при создании замкнутого элемента начальный профиль используется в качестве последнего автоматически
- быть полностью определенным - иметь требуемые ограничения и размеры
- между профилями, применяемыми для создания сечения, не должны устанавливаться взаимные ограничения
- для добавления ограничений для всех профилей, используется рабочая точка на первом эскизе
- рабочие точки для ограничения объекта, должны быть созданы до начала его профилирования

Пользователь может задать условия области для перехода поверхности плаза по нормали к начальному и конечному профилю. Можно задать угол перехода (по умолчанию 90 градусов) и ширину касательной поверхности для поверхности плаза. Связь между установками ширины и резкостью изменения поверхности плаза меняется в зависимости от факторов, таких как форма профиля и дистанция между профилями.

Для хорошего понимания эффекта от изменений в элементах плаза можно поэкспериментировать с дистанцией между профилями и с профилями, которые не расположены вдоль прямого вектора.



Параметры процесса натягивания поверхности на заданные профили осуществляется с помощью опций диалогового окна **Loft**, открывающегося после щелчка по соответствующей кнопке на панели инструментов **Features**. Диалоговое окно содержит некоторые опции, описанные ранее. Опции специфичные для выполнения натягивания:



✓ **Sections** – текстовое поле, в котором перечисляются профили, которые включаются в лофтинг. Для задания профилей пользователь должен щелкнуть в строке, а затем выбрать два или более профилей. Выбранные профили будут перечислены в соответствии со своими номерами. Новые профили будут добавлены в список автоматически

✓ **Shape control** - зона, в которой задаются ограничения:

Ø **Angle** – раскрывающийся список, в котором задается угол подъема начального сечения элемента трансформирования (угол продвижения поверхности между сечениями). По умолчанию величина угла устанавливается в 90° – профиль перемещается прямо вверх, или перпендикулярно к профилю, пройденному последним. При угле менее 90° обеспечивается расширение наружу, при угле более 90° – сужение внутрь

Ø **Weight** - раскрывающийся список, в котором задается как долго элемент трансформирования следует опции **Angle**. Чем больше значение параметра, тем дольше начальная часть поверхности будет сохранять форму пройденного профиля или грани. Диапазон значений параметра 0-10

Ø **Tangent to Face** - флажок, задающий обязательность касания элемента трансформирования смежных граней конечной поверхности – построение поверхности элемента заканчивается по касательной к грани. Если флажок сброшен, то конечная часть поверхности элемента будет перпендикулярна к выбранной

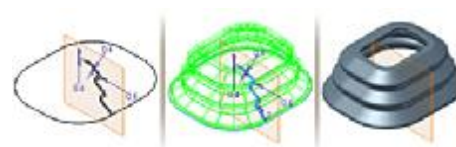
✓ **Closed loop** – флажок, установка которого обеспечивает создание замкнутого профиля. Первый профиль одновременно является и последним профилем

✓ **Point Mapping** – указание точки на эскизе, которая будет восприниматься, как стартовая точка для создания поверхности лофтингом

Элемент, созданный по сечениям является параметрическим, и редактируется с помощью диалогового окна **Loft**.

### 5.5.4 ЭЛЕМЕНТЫ СДВИГА (SWEEP)

Одним из методов создания или модификации детали является протягивание профиля по траектории. Процесс создания элемента протягиванием по траектории напоминает экструзию (выдавливание), но профиль перемещается не по оси Z, а вдоль некоторого пути, называемого траекторией. Твёрдотельный элемент, получаемый путем протягивания сечения по траектории является эскизируемым элементом. Такие элементы используются для объектов, которые имеют одинаковую форму вдоль нерегулярной траектории, таких как уплотнения, рукоятки, кабеля или трубопроводы.




**КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СДВИГА** (протягивания) — это объемное тело, сформированное перемещением контура вдоль плоской траектории. Элемент сдвига может быть и поверхностью, используемой для ограничения других конструктивных элементов, или для разделения детали. Для создания такого элемента необходимо наличие двух эскизов:

- эскиз поперечного сечения. Профиль сечения должен представлять собой замкнутую линию (контур). Эскизы профиля, в основном, предназначены для создания элементов.
- эскиз траектории используются исключительно для создания путей перемещения элементов протягивания. Траектория - это плоский путь, представляющая собой как контур, так и разомкнутую линию, но обязательно должна находиться в плоскости, пересекающейся с профилем. В качестве траектории для протягивания могут применяться линии, дуги, сплайны, круги, эллипсы, поверхностные нити и экстраполяционные линии.

Конструктивные элементы сдвига создаются путем перемещения одного или нескольких эскизных контуров вдоль плоской траектории (контур и траектория должны быть построенных в пересекающихся плоскостях) и применяются для моделирования объектов, форма поперечного сечения которых сохраняется вдоль произвольно заданной траектории. Это могут быть, например, пазы для прокладок, ручки, кабели или трубки. Поверхности сдвига используются для уточнения формы конструктивных элементов — например, в качестве ограничивающей или разделяющей плоскости. Если элемент вращения создается первым в детали, то он становится базовым конструктивным элементом.

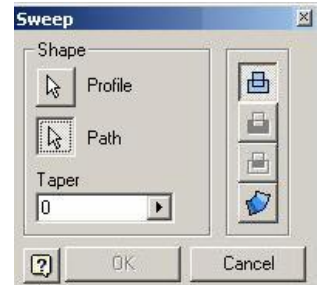
При работе со сборкой при создании тел сдвигом существуют следующие ограничения при создании элементов сдвига:

- результатом команды не может быть поверхность
- операции **Join** и **Intersection** не поддерживаются

Диалоговое окно **Sweep** создания твердотельного элемента путем протягивания одного или нескольких профилей (закрытых контуров) вдоль траектории открывается после щелчка по одноименной кнопке  на панели инструментов **Feature**. Если в эскизе имеется только один профиль, то после щелчка при открытии диалогового окна он будет автоматически подсвечен. Начальная точка должна быть размещена на пересечении плоскостей профиля и пути. Опции диалогового окна **Sweep** протягивания профиля по траектории:

**Shape** – зона, в которой содержатся кнопки выбора одного или нескольких контуров для их сдвига вдоль заданной траектории:

**Profile** – кнопка выбора контура для выдавливания. Если в графической зоне содержится несколько профилей, и ни один из них до ввода команды **Revolve** не был выбран, то после нажатия этой кнопки необходимо указать на один/несколько профилей. Контур может быть вложенным, но не должен пересекаться. Для выбора нескольких контуров следует удерживать нажатой клавишу CTRL. Эскиз должен представлять собой замкнутый контур, кроме тех случаев, когда строится поверхность



**Single Profile** – автоматический выбор единственного профиля

**Multiple Profiles** – кнопка выбора нескольких профилей, расположенных в графической зоне на одной плоскости построений. Выбранные профили будут подсвечены

**Nested Profiles** – выбор нескольких вложенных друг в друга профилей. В результате вращения из твердого тела, образованного внешним профилем вырезается трехмерная модель, образованная внутренним профилем. Например, вращением концентрических кругов разного диаметра можно получить полый тор

**Path** – кнопка задания траектории и конечных точек сдвига. Сдвигаемый контур сохраняет перпендикулярное положение к траектории

**Operation** – зона, в которой расположены кнопки опций определяющих взаимодействие с имеющимися конструктивными элементами выдавливания. Элемент протягивания может объединяться с другим элементом, вычитаться из него или образовывать пересечение с ним. Если создается базовый конструктивный элемент, то выбор этих операций недоступен:

**Join** – добавление объема нового элемента к существующему. Не доступно в среде сборки

**Cut** – вычитание объема нового элемента из существующего

**Intersect** – пересечение. Создание нового конструктивного элемента, занимающего объем пересечения элемента вращения и имеющегося конструктивного элемента. Весь остальной материал удаляется. Не доступно в среде сборки

**Surface** – создание новой поверхности из открытого/закрытого профиля. Может применяться как конструктивная поверхность, у которой заканчивается твердотельный элемент или как поверхность разнесения детали на две части

**Taper** – текстовая строка в которой задается значение угла конуса (положительное или отрицательное значение относительно плоскости перпендикулярной эскизу) элемента сдвига относительно нормали к плоскости построений (глубина элемента сдвига определяется конечными точками траектории). Если задан угол конуса, то в графической области отображается направление сужения (величина угла не отображается). Эта опция недоступна при выборе замкнутых траекторий. В графическом окне символ показывает направление конусности. Угол конусности выполняется одинаковым в обоих направлениях. При задании его только в одном направлении производится экструзия элемента без наклона плоскости, поэтому затем следует произвести наклон этой плоскости по команде **Face Draft**. Угол конуса:

§ положительный угол - площадь поперечного сечения элемента сдвига от начала к концу траектории увеличивается

§ отрицательный угол - площадь поперечного сечения элемента сдвига от начала к концу траектории уменьшается

§ вложенные контуры - при положительном угле конуса внешний контур расходится, внутренний — сходится. При отрицательном угле конуса контуры ведут себя наоборот

Алгоритм создания тела вращения:

1. Создать эскиз контура и эскиз траектории в пересекающихся плоскостях. Эскиз должен представлять собой замкнутый контур, кроме тех случаев, когда строится поверхность

2. Вызвать команду **Sweep**

- если в эскизе имеется единственный контур, то он выделяется автоматически
- если несколько, то нажать кнопку **Profile** и выбрать нужный контур. В качестве контуров могут использоваться только непоглощенные эскизы на активной плоскости построений



3. Нажать кнопку **Path** и указать траекторию на экране
4. В текстовое поле **Taper** ввести значение угла конусности. В графической области изображается направление сведения на конус
5. Выбрать тип взаимодействия с другими конструктивными элементами — **Join**, **Cut** или **Intersection** или создание поверхности. Если создается базовый конструктивный элемент, то выбор операций недоступен (кроме кнопок **Join** и **Surface**).
6. Нажать одну из кнопок смены направления протягивания. Выбранное направление схематично изображается на модели в графической области
7. Нажать ОК

### 5.5.5 ЭЛЕМЕНТЫ ТИПА ПРУЖИНА (COIL)

**ПРУЖИНА** — это винтовой конструктивный элемент, моделирующий такие объекты, как деталь-пружина или резьба на цилиндрической поверхности.


Конструктивные элементы-пружины часто используются для моделирования деталей-пружин. Для построения пружины сжатия на торцах изменяется шаг витков с целью их поджатия; это позволяет пружине стоять вертикально на плоской поверхности. Пользователь указывает длину участка (в градусах), на протяжении которого выполняется поджатие витков. Так, например, угол переходной части 90 градусов определяет длину в четверть витка; 180 градусов — длину в половину витка. Длина плоского участка торца пружины, где виток строится с нулевым шагом, также задается углом (до 360 градусов).



Для моделирования резьбы задаются профиль пружины, определяющий форму резьбы, и ось симметрии цилиндра, определяющая ось вращения (с помощью центральной точки контура, из которого был выведен цилиндр). Затем создается рабочая плоскость, проходящая через рабочую ось перпендикулярно основанию цилиндра, и на ней выполняется эскиз, отстоящий от оси на значение радиуса.

В практике изготовления пружин используется два способа обработки торцов. Подрезанная пружина сжатия, например, не заканчивается простой обрезкой проволоки - ее торцевая плоскость шлифуется для устойчивости на плоской поверхности. Конструктор можете задать размер, на величину которого проволока подрезается. Угол перехода (дистанция) в 90 градусов означает переход на плоскость на четверти окружности. Угол перехода (дистанция) в 180 градусов означает переход на плоскость на половине окружности. Значение угла плоскости меняет дистанцию перехода на плоскость (до 360 градусов)

В Inventor для торцов пружины можно задать два метода построения: **Natural** (натуральная) или **Flat** (плоская). Для построения методом **Natural** не требуется дополнительных параметров. Эти параметры (переходная и плоская часть) доступны только при выборе граничного условия **Flat**. Если выбрано граничное условие **Natural**, выбор остальных элементов вкладки невозможен.

Для создания винтовых конструктивных элементов используется команда **Coil** пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Features**. Команда позволяет построить винтовую пружину или резьбу. Пружина, созданная первой среди всех конструктивных элементов, является базовым элементом.

Диалоговое окно построения пружины или создания резьбовой детали содержит три вкладки:

✓ **Coil Shape** – вкладка, определяющая форму пружины. Опции вкладки предназначены для выбора профиля и оси, а также задание направления навивки. Профиль и ось должны располагаться в одном эскизе, если только ось не является рабочей осью

Ø **Profile** - кнопка выбора эскиза для профиля. Если эскиз содержит несколько профилей, пользователь должен выбрать один из них

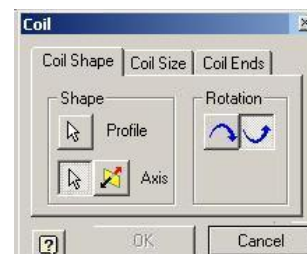
Ø **Axis** – кнопка выбора прямого отрезка или рабочей оси для определения оси симметрии. Ось не должна пересекать профиль

Ø **Rotation** – кнопки задания направления навивки (по часовой стрелке или против нее)

✓ **Coil Size** - вкладка, определяющая размеры пружины. Опции вкладки предназначены для задания параметров построения пружины: шага, числа витков и длины. Значения двух параметров задаются пользователем, а величина третьего параметра вычисляется автоматически

Ø **Type** - выбор пары параметров: **Pitch and Revolution** (шаг и число витков), **Revolution and Height** (число витков и длина), либо **Pitch and Height** (шаг и длина). Здесь же можно установить для пружины **Spiral** - спиральный (плоский) тип

Ø **Pitch** - расстояние между соседними витками пружины





**ØHeight** - расстояние между центрами профилей начала и конца пружины

**ØRevolution** - число витков пружины. Значение должно быть больше 0, оно может быть дробным (например, 1,5). В числе витков учитываются и участки на торцах пружины

**ØTaper** - угол конуса, если пружина сужается или расширяется вдоль оси. Параметр неприменим для спиральных пружин

**✓Coil Ends** - вкладка, определяющая метод построения начала (**Start**) и конца (**End**) пружины. Допускается поджатие только крайних витков пружины, но не ее профиля

**ØNatural or Flat** -опции задают метод создания пружины в ее начале и конце. Для каждого из торцов можно указать отдельный метод

**ØTransition angle** - длина переходного участка в градусах. Как правило, устанавливается значение, меньшее полного витка

**ØFlat angle** - длина плоского участка в градусах. Плоский участок следует после переходного участка, на нем шаг между витками равен нулю. Он используется для построения плоского торца пружины.

Алгоритм построения винтовой пружины:

- 1.Строится эскиз, представляющий сечение будущей пружины
- 2.С помощью команд **Line** или **Work Axis** создается ось симметрии пружины
- 3.Вызвать команду **Coil**

- если в эскизе имеется единственный контур, то он выделяется автоматически
- если несколько, то нажать кнопку **Profile** и выбрать нужный контур

4.Указать ось симметрии. Направление оси может быть любым. Пересечение оси и контура не допускается

Øперейти на вкладку **Coil Size**, раскрыть список **Type** и выбрать один из следующих способов задания параметров:

- **Pitch and Revolution** - шаг и число витков
- **Revolution and Height** - число витков и длина
- **Pitch and Height** - шаг и длина
- **Spiral** - спираль

Øввести значения в полях **Pitch**, **Height**, **Revolution** и **Taper**, в зависимости от выбранного способа. Например, при способе задания **Spiral** поле **Taper** недоступно

5.Перейти на вкладку **Coil Ends** и установить параметры построения начала и конца пружины:

• выбрать в списке **Flat** для создания переходного участка, на котором шаг навивки постепенно сводится к нулю. Ввести значения в полях **Transition Angle** и **Flat Angle** (до 360 градусов). Таким способом строится пружина, которая может вертикально стоять на плоской поверхности

- выбрать в списке **Natural** для построения торцов пружины без переходных участков

Для моделирования резьбы на цилиндре необходимо задать рабочую плоскость, определяющую расположение контура резьбы, построить контур и, наконец, нарезать резьбу.

Алгоритм построения резьбы:

1.Построение цилиндра и рабочих элементов, определяющих местоположение резьбы. Рабочие элементы размещаются с опорой на ось симметрии цилиндра и перпендикулярно его основанию

1.1.с помощью команд панели инструментов **Sketch** создать профиль.

1.2.создать цилиндр, выполнив команду **Extrude** панели инструментов **Feature**

1.3.раскрыть в браузере папку **Origin**, выбрать координатные плоскости, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Visible** из контекстного меню. При необходимости создать:

- рабочую ось, проходящую через центр основания (команда **Work Axis**)
- рабочую плоскость, перпендикулярно основанию цилиндра (команда **Work Plane**)

2.Построение и размещение профиля резьбы

2.1.на рабочей плоскости перпендикулярной основанию цилиндра построить эскиз

2.2.спроецировать на плоскость построений силуэт цилиндра, его верхнее или нижнее ребро, а также рабочую ось

2.3.наложить на эскиз профиля резьбы геометрические и размерные зависимости относительно цилиндра. Обычно необходимо сместить профиль относительно основания цилиндра

3.Для построения резьбы сначала строится эскиз, представляющий сечение будущей пружины. Затем с помощью команд **Line** или **Work Axis** создается ось симметрии пружины:

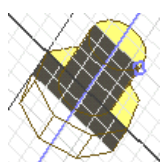
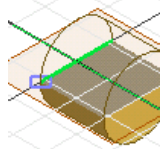
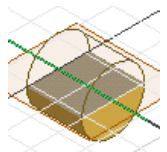
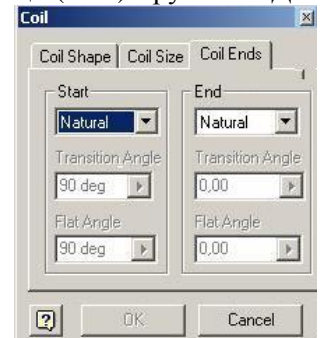
3.1.вызвать команду **Coil**

3.2.выбрать эскиз профиля.

3.3.указать ось симметрии.

3.4.в группе **Operation** выбрать опцию **Cut**

3.5.перейти на вкладку **Coil Size**, в списке **Type** выбрать способ задания траектории



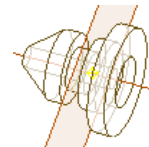
3.6. ввести значения параметров, соответствующих выбранному способу.

3.7. на вкладке **Coil Ends** выбрать методы, определяющие построение опорных поверхностей пружины:

- выбрать **Flat** для поджатия торцов пружины. Ввести значения в полях **Transition Angle** и **Flat Angle**
- выбрать **Natural** для построения торцов пружины без переходных участков

### 5.6 СОЗДАНИЕ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В процессе разработки твердотельной модели не всегда достаточным является выполнение эскизов на плоскостях, являвшихся гранями детали или на основе активной плоскости эскиза. В практике проектирования достаточно часто возникает необходимость создавать типовые элементы или элементы, получаемые из эскиза на плоскости, которая не принадлежит детали.



Рабочие элементы - это абстрактные конструктивные элементы, параметрически связанные с выбранными объектами. К числу рабочих элементов относятся рабочие плоскости, рабочие оси и рабочие точки. В процессе создания рабочего элемента происходит визуальное выделение опорной геометрии, облегчающее задачу выбора опоры и позиционирования элемента. Ориентация рабочих элементов и характер зависимостей, накладываемых на них, зависят от выбранной геометрии и от последовательности выбора.

Необходимая ориентация и конструктивные ограничения взаимодействуют с элементами, которые были выбраны и в том порядке, который был указан пользователем. Например, рабочую плоскость можно создать под заданным углом к имеющейся грани, при изменении которой соответствующим образом изменится рабочая плоскость и все связанные с этой плоскостью элементы. Изменение ориентации рабочей плоскости по отношению к грани влечет за собой соответствующие изменения связанных с этой плоскостью элементов.

Рабочие элементы используются при создании:

- чертежей — для определения точки базы, пояснений, осевых линий и т.п.
- 3D-эскизов — для создания точек 3D-траектории.
- адаптивных рабочих элементов — при редактировании детали по месту. Рабочие элементы создаются в файле детали, а их расположение определяется сборочными зависимостями компонентов сборки
- деталей — для обеспечения параметрических связей с конструктивным элементом.
- сборок — для создания рабочих элементов в файле сборки. Например, для размещения плоскостей, в качестве ограничивающих или построений при создании новых деталей.
- Рабочие элементы предназначены для:
- наложения конструкционных связей, создания и размещения новых элементов, когда имеющейся геометрии модели недостаточно
- облегчения и упрощения создания эскизных и типовых конструктивных элементов, в том числе путем проецирования рабочих элементов на эскиз
- закрепления позиции и формы эскизных и типовых конструктивных элементов

При работе с деталями пользователь может создавать рабочие оси и рабочие точки. Создавать рабочие плоскости можно как для деталей, так и для изделий. Рабочие элементы, использованные для размещения геометрии, при работе с моделями остаются недоступными, возможно лишь их проецирование на плоскость построений.

Следует обратить внимание, что при создании эскизов автоматическое проецирование рабочих элементов не производится даже в том случае, когда эти элементы расположены на плоскости построений. Установка флажка **Autoproject edges during curve creation** на вкладке **Sketch** диалогового окна **Options** в данном случае не дает положительного результата. Для проецирования вручную используются соответствующие команды палитры работы с эскизами.

Спроецированные рабочие элементы геометрии сохраняют ассоциативность по отношению к исходным элементам. При необходимости редактирования спроецированных элементов (удлинения или обрезки) необходимо изменить их стиль. Для этого следует выбрать элемент геометрии и в списке стилей **Style** на стандартной панели инструментов выбрать **Normal**. Пользователь может удалить спроецированные элементы геометрии без изменения их стиля.

Рабочие элементы сборки хранятся в самом изделии и не входят в отдельные детали. В браузере значки рабочих элементов сборки располагаются в порядке их создания, в нижней части иерархии. Исключение составляют рабочие элементы, создающиеся по умолчанию при создании сборки. Такие элементы расположены в ветви браузера **Origin**, следующей после верхнего элемента. Рабочие элементы, созданные при создании детали, будут находиться в браузере в ветви этой детали.

В деталях и сборках содержатся предопределенные наборы рабочих элементов (координатные плоскости, координатные оси и точка центра модели), которые могут быть отображены или скрыты в графической области. Рабочие элементы необходимы во время построения конструктивных элементов, а в остальное время их видимость можно отключать, поэтому рекомендуется активизировать их, когда создаются различные элементы и отключать их видимость, когда они больше не нужны. Например, когда вставляется какой-либо компонент в сборку, следует включить видимость рабочего элемента, чтобы правильно позиционировать деталь в сборке. При включении детали в состав сборки видимость ее рабочих элементов сохраняется. А если видимость всех компонентов модели ухудшает ее восприятие, следует отключить видимость рабочих элементов, всех или по отдельности:

- для отдельных элементов следует:
  - в браузере или графической области выбрать один или несколько рабочих элементов (для выбора нескольких рабочих элементов необходимо удерживать нажатой клавишу CTRL в процессе выбора)
  - для подавления видимости щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню графической области или браузера соответственно
  - для восстановления видимости выбрать нужные рабочие элементы в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и установить флажок **Visibility**
- для скрытия рабочих элементов в браузере, оставляя их видимыми в графической области
  - для подавления рабочих элементов - нажать кнопку **Filter** и установить флажок **Hide Work Features**
  - для восстановления рабочих элементов - снова нажать кнопку **Filter** и снять этот флажок.
- для отдельных категорий рабочих элементов или для всех эскизов. Флажки, отражающие состояние видимости каждого элемента, расположены в главном меню (**View/Work Geometry**). Снятием в меню соответствующих флажков можно подавить плоскости и оси координат, рабочие плоскости, оси и точки или все эскизы. Повторное установление флажков восстанавливает видимость рабочих элементов.

Чаще всего рабочие элементы деталей и сборок не отличаются по своим свойствам. Однако в некоторых случаях в их поведении имеются различия:

- при работе с изделием недоступен выбор средних точек.
- для рабочих точек изделий недоступна команда **3D Move/Rotate**
- в сборках невозможно использовать спроецированную геометрию, так как сборочные зависимости не накладываются на рабочие элементы
  - рабочие элементы детали зависят от конструктивного элемента, с опорой на который они были созданы. В браузере их значки вложены в ветвь детали и располагаются ниже значка конструктивного элемента, от которого они зависят
  - рабочие элементы сборки зависят от компонентов сборки, с опорой на которые они были созданы. В браузере их значки располагаются в нижней части иерархии
- при создании детали по месту с использованием другой детали для размещения рабочего элемента накладываются сборочные зависимости
- для выбора рабочих элементов изделий приоритетность выбора необходимо установить на **Select Features**

### 5.6.1 РАБОЧАЯ ТОЧКА (WORK POINT)

**РАБОЧАЯ ТОЧКА** это параметрический рабочий элемент, на который не ссылается никакая другая геометрия, и используется для произвольного позиционирования элементов, которые не могут быть легко расположены на детали, конструктивной геометрии или в 3D-пространстве. При работе с изделием создание рабочих точек на средних точках отрезков невозможно. Привязывая элемент к рабочей точке, а рабочую точку – к детали, конструктор получаете возможность контролировать положение элемента.

Рабочие изображаются на активной плоскости эскиза тремя короткими отрезками, пересекающимися в их серединах и направленными вдоль координатных осей точки. Могут быть:

- созданы в местах пересечения прямой линии или искривленной грани, линии (отрезка, дуги, сплайна) и плоской грани. Создать рабочую точку на пересечении линии (дуги, сплайна) и криволинейной грани невозможно

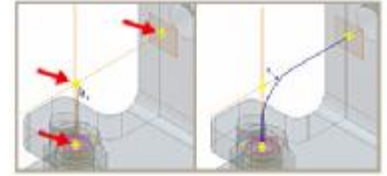
- спроектированы на плоскости деталей, линейные кромки, или на дугу или круг
- привязаны к центрам дуг, окружностей и эллипсов.

Рабочие точки используются для:

- определения координатной системы
- задания плоскостей (три точки)
- определение 3D-траектории. Рабочую точку можно разместить на пересечении рабочих осей и рабочей плоскости. Щелчок по рабочей точке и вершине существующей траектории задает траектории спирали
- позиционирования эскизных элементов

- маркировки шивки и центра кругового (полярного) массива
- определения параметрических точек для привязки поверхностей
- определения центра окружностей (отверстий), валов и массивов
- задания последовательности поверхности точек траекторий
- размещения элементов рассечения
- размещения отверстий, если недоступны концентрические цилиндрические или две плоские кромки
- задания траектории сдвига размещением рабочих точек на пересечении рабочих осей и плоскостей

Рабочие точки обычно размещаются в пространстве в привязке к граням, ребрам и другим топологическим характеристикам на исходной детали или элементе.



Так как рабочая точка является параметрическим элементом, то для полного определения детали требуется проставить размеры и наложить зависимости. Существуют обычные рабочие точки, фиксированные (закрепленные) рабочие точки:

- **обычные** - могут быть перемещены путем простановки размеров или наложения связей
- **фиксированные** - имеют все степени свободы перемещений 3D пространстве детали и, тем не менее, зафиксированы в пространстве. Все степени свободы фиксированной рабочей точки в сборках удаляются; точка остается неподвижной вне зависимости от изменений геометрии

После создания закрепленной рабочей точки в файле детали их расположение в пространстве не может быть изменено. При построении фиксированной рабочей точки в файле детали доступна команда **3D Move/Rotate**, что позволяет пользователю использовать некоторые операции, основываясь на закрепленных рабочих точках. При работе со сборками сначала создается рабочая точка, а затем она фиксируется с помощью соответствующего пункта контекстного меню (инструмент **3D Move/Rotate** недоступен в файле сборки). Команда может быть вызвана, и после создания рабочей точки с помощью контекстного меню нового элемента браузер.

Для создания закрепленной рабочей точки необходимо в файле детали щелкнуть по направленной вниз стрелке на инструменте **Work Point** для использования инструмента закрепления рабочей точки **Grounded Work Point**. Первоначальное расположение рабочей точки определяется элементами геометрии, которые были выбраны при ее создании. После фиксации зависимости между точкой и элементами геометрии удаляются, поэтому расположение фиксированной рабочей точки не изменяется при перемещении и даже удалении элементов геометрии, которые были выбраны при ее создании.

Позиция рабочей точки определяется элементом, который был выбран для ее создания:


- если использован инструмент **Ground**, связи с выбранным элементом удаляются. Рабочая точка становится зафиксированной в пространстве, даже если выбранный элемент перемещается или изменяется в размерах. Восстановление ассоциативной зависимости между элементами геометрии и точкой в этом случае невозможно. Если флажок опции **Grounded** в контекстном меню, связь восстанавливается - при изменении геометрии положение рабочей точки изменяется, также изменения выбранного элемента будут сказываться на положении рабочей точки

- если используется инструмент **3D Move/Rotate** для редактирования закрепления рабочей точки созданной использованием опции **Ground** контекстного меню, связи с исходным геометрическим элементом удаляются. Пользователь не может восстановить ассоциативные связи с исходным элементом, использованные для создания рабочей точки

- если используется инструмент **Grounded Work Point** в среде построения эскизов, созданные рабочие точки не имеют связей с другими элементами геометрии. Они фиксируются относительно значений координат X, Y и Z, используемыми для их создания










В файле детали имеется два способа редактирования закрепленных рабочих точек. С помощью контекстного меню закрепленной рабочей точке в браузере:


- с помощью инструмента **3D Move/Rotate**. Если элемент был использован для расположения рабочей точки, он в дальнейшем не будет связан с рабочей точкой. При этом теряется ассоциативная зависимость между точкой и элементами геометрии, которые были выбраны при ее создании. Рабочая точка останется закрепленной
- с помощью опции **Redefine Feature**. Рабочая точка остается связанной с новым элементом, который выбран. При этом восстанавливается ассоциативная зависимость между точкой и выбираемыми элементами геометрии. Изменения этого элемента приводят к изменению позиции рабочей точки

Команда создания рабочей точки вызывается щелчком по кнопке **Work Point** , в режиме детали расположенной на панели инструментов **Features**, в режиме сборки - на панели инструментов **Assembly**. Команда создания рабочей точки завершается после ее построения и управление возвращается к команде создания рабочего элемента



Способы создания рабочих точек:

-  в точке пересечения трех плоскостей - выбрать три рабочие плоскости или плоские грани
-  на пересечении проекций двух линий - выбрать любую комбинацию двух линейных ребер, 2D или 3D отрезков, рабочих осей
-  в вершине - выбрать любую конечную точку линии или ребра
-  в средней точке - выбрать среднюю точку ребра
-  в точке 2D или 3D эскиза - выбрать точку 2D или 3D эскиза
-  в точке пересечения плоскости, рабочей оси или отрезка - выбрать плоскую грань или рабочую плоскость и рабочую ось или линию  в точке пересечения поверхности и линии - выбрать поверхность и отрезок в эскизе, прямолинейное ребро или рабочую ось
-  в точке пересечения плоскости и кривой - выбрать плоскую грань или рабочую плоскость и кривую в эскизе (дугу, окружность, эллипс или сплайн).  поверх фиксированной рабочей точки - вы-

брать фиксированную рабочую точку  проекция рабочей точки – спроектировать рабочую точку, расположенную в перпендикулярной плоскости на плоскость или плоскую грань. Алгоритм создания рабочей точки с выбором одного объекта

1. Вызвать команду **Work Point**

2. В графической области указать расположение точки, выделяя мышью элементы геометрии

3. Для размещения рабочей точки щелкнуть правой кнопкой мыши на одном из геометрических элементов активной детали или конструктивного элемента: средней точке ребра, вершине, любой точке в 2D или 3D эскизе. Алгоритм создания рабочей точки с выбором нескольких объектов

1. Вызвать команду **Work Point**

2. Выбрать два элемента геометрии конструктивного элемента или детали:

- плоскую грань или рабочую плоскость и отрезок в эскизе, прямолинейное ребро или рабочую ось
- поверхность и отрезок в эскизе, прямолинейное ребро или рабочую ось
- плоскую грань/рабочую плоскость и криволинейное ребро (дугу, окружность, эллипс, сплайн)
- две линии (отрезки эскиза, прямолинейные ребра, рабочие оси)
- три плоские грани или рабочие плоскости

Алгоритм создания рабочей точки в изделии. Вызвать команду **Work Point**

2. Использовать один из следующих методов построения. Щелкнуть на:

- вершине компонента.
- пересечении трех плоскостей.
- плоской грани или рабочей плоскости и прямолинейном ребре или рабочей оси.
- рабочей оси или прямолинейном ребре и пересекающейся с первым объектом рабочей оси или прямолинейном ребре.

Алгоритм создания фиксированной рабочей точки в файле детали

1. Щелкнуть на стрелке справа от команды **Work Point**. Выбрать команду **Grounded Fix Point**

2. Щелкнуть мышью на рабочей точке, средней точке или вершине. Значок элемента браузера фиксированной рабочей точки дополняется изображением канцелярской кнопки. Пользователь может изменять фиксацию рабочей точки, при этом восстанавливая или теряя ассоциативную связь с элементами геометрии. Однако, если при выполнении команды **3D Move/Rotation** точка перемещается, то восстановление ассоциативности невозможно

3. Вызвать команду **3D Move/Rotation**

4. Изменить направление осей с помощью мыши и ввести необходимые значения в диалоговом окне команды. Нажать кнопку **Apply**. Повторять операцию до тех пор, пока координаты X, Y и Z не определятся.

Алгоритм создания фиксированной рабочей точки в сборке

1. Нажать кнопку **Work Point** на панели инструментов **Assembly**

2. Щелкнуть мышью на элементах геометрии для расположения точки.

3. Щелкнуть правой кнопкой мыши на ее элементе браузера. Выбрать **Fixed** из контекстного меню.

### 5.6.2 РАБОЧАЯ ОСЬ (WORK AXIS)


**РАБОЧАЯ ОСЬ** – прямая параметрическая конструктивная линия, вычерченная в текущей эскизной плоскости, и проходящая по осевой линии цилиндрического элемента (через центр дугообразной или круговой кромки детали). Рабочей осью может являться линейное ребро, отрезок, 3D-отрезок, отрезок и плоскость.










Рабочая ось может:

- размещаться на осях элементов, обладающих осевой симметрией, таких как бобышки, валы и отверстия
- использоваться как ось вращения для элементов вращения или протягивания
- создаваться в центре цилиндрической кромки или в текущей плоскости эскиза по любым двум точкам
- проходить через конечную точку отрезка, спроецированную на плоскость, и по нормали к плоскости
- разместить рабочие точки на пересечении рабочих осей и рабочих плоскостей задавая, таким образом, траекторию при создании элементов сдвига.

Рабочие оси используются во время построения конструктивных элементов и создании сборок, чтобы обозначить линии симметрии, осевых линии или для измерения расстояний между осями поверхностей вращения. При размещении деталей в сборке, рекомендуется размещать их вдоль рабочих осей. Она может включаться в размеры.



Задается рабочая ось щелчком по кнопке **Axis**  на панели инструментов **Feature**. За исключением работы в сборке, рабочая ось может создаваться в «прозрачном» режиме (при выполнении другой команды). Существуют следующие методы создания рабочей оси:

-  рабочая ось, проходящая через элемент вращения. Используется для элемента вращения или его грани – необходимо указать на поверхность вращения или элемент, полученный вращением. В этом случае рабочая ось проходит через ось симметрии элемента вращения
-  по двум рабочим точкам (конечным, пересечения, средним) для создания рабочей оси, проходящей через них и направленная от первой ко второй точке (при работе со сборкой недоступен выбор средних точек и точек пересечения). Положительное направление созданной рабочей оси определяется от первой ко второй точке
-  по точке и плоскости для создания рабочей оси, перпендикулярно к плоскости или поверхности сквозь данную точку
-  по линии пересечения двух непараллельных плоскостей или плоских граней. Созданная рабочая ось проходит по линии пересечения заданных плоскостей
-  перпендикулярно к плоскости через точку. Последовательный выбор точки, затем плоской грани или рабочей плоскости обеспечивает создание рабочей оси, проходящей через заданную точку перпендикулярно к плоскости
-  вдоль линейного ребра. После указания линейного ребра создается рабочая ось располагаемая коллинеарно выбранному линейному ребру
-  вдоль отрезка. Рабочая ось располагается коллинеарно выбранному отрезку
-  вдоль 3D отрезка/ Рабочая ось располагается коллинеарно выбранному 3D отрезку
-  через конечную точку отрезка, спроецированного на плоскость, и по нормали к плоскости. После указания отрезка, спроецированного на плоскость по направлению нормали и плоскости, созданная рабочая ось будет проходить через конечную точку спроецированного отрезка

Алгоритм создания рабочей оси:

1. Вызвать команду «Рабочая ось». Для деталей команда расположена в палитре «Конструктивные элементы», для изделий — в палитре «Изделие».

2. Для создания оси указать:

- линейное ребро, отрезок, 3D-отрезок для создания оси вдоль них.
- элемент вращения для создания рабочей оси вдоль его оси симметрии.
- две имеющиеся точки для создания рабочей оси, проходящей через них.
- рабочую точку и плоскость (или грань) для создания рабочей оси, проходящей через заданную точку перпендикулярно заданной плоскости (грани).
- две непараллельные плоскости для создания рабочей оси на линии их пересечения.
- отрезок и плоскость. Рабочая ось будет проходить через конечную точку отрезка, спроецированную на плоскость, и по нормали к плоскости.

3. Если возможно несколько решений для позиционирования, то появляется панель выбора. Указать необходимое местоположение, щелкая на стрелках. Затем щелкнуть на среднем значке для выбора.

### 5.6.3 РАБОЧАЯ ПЛОСКОСТЬ (WORK PLANE)

**РАБОЧАЯ ПЛОСКОСТЬ** – бесконечная текущая вспомогательная плоскость параметрически или не параметрически связанная с конструктивным элементом, имеющая свою внутреннюю координатную систему, начало и направление осей которой зависят от последовательности выбора опорной геометрии.

**НЕПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РАБОЧАЯ ПЛОСКОСТЬ** — рабочая плоскость, привязанная к определенному месту относительно детали. Если геометрия детали параметрически изменяется, то это не влияет на рабочую плоскость. Поскольку непараметрическая рабочая плоскость статична, любые элементы, связанные с ней, ограничены первоначальной плоскостью. Если изменяется положение или ориентация детали, элементы остаются связанными с рабочей плоскостью и деталь не сможет.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РАБОЧАЯ ПЛОСКОСТЬ** — рабочая плоскость, связанная и зависящая от граней, поверхностей, плоскостей, вершин и осей детали. Такая плоскость параметрически связана с деталью и представляет собой прямоугольник, размеры которого на экране превышают габариты детали. По возможности, следует размещать элементы на параметрических рабочих плоскостях. Тогда при изменении положения параметрической рабочей плоскости, изменяется тем самым положение всех элементов, созданных на ней или привязанных к ней.

Для выполнения большого количества построений при разработке модели детали или сборки может быть создано множество рабочих плоскостей, связанных с одной деталью и любая из них (как и грань детали) может приобретать статус активной плоскости эскиза. Рабочие плоскости могут:

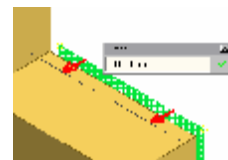
- ориентироваться в пространстве в любом направлении
- смещаться от имеющихся граней
- поворачиваться вокруг оси на заданный угол
- служить плоскостью построений
- связываться зависимостями (в т.ч. размерными) с другими конструктивными элементами или компонентами.



Рабочие плоскости используются при создании осей, чертежных планов или плоскостей удаления, или для позиционирования пересекающихся видов или плоскостей разреза. Рекомендуется создавать рабочие плоскости, когда плоскость детали недоступна как чертежная плоскость для черчения нового элемента или когда промежуточная позиция требует определения других рабочих плоскостей (таких, например, как угол на параллельной плоскости).

Прежде, чем создавать рабочую плоскость следует достаточно четко представлять себе, где и как она будет располагаться. Иногда перед созданием требуемой рабочей плоскости конструктору приходится создавать вспомогательную рабочую плоскость. Рабочая плоскость профиля создается:

- если ни одна из граней имеющихся на чертеже деталей, не может быть использована в качестве активной
- для использования в качестве активной плоскости при создании элементов вытягиванием
- для задания граничных условий при вращении или продвижении по траектории или по сечениям
- для задания плоскости сечения при создании разрезов.

В отличие от других пакетов твердотельного моделирования в Inventor нет диалогового окна построения рабочих плоскостей, что значительно ускоряет работу. Рабочая плоскость рассматривается в Inventor как обычный элемент построения (например, как линия или окружность). Пользователь создает рабочую плоскость, указав на грань уже готовой модели в качестве прототипа (или плоскости из браузера), а дальше зацепившись курсором за контур рабочей плоскости при нажатой левой клавиши мыши, можно перетащить ее в нужном направлении, отслеживая величину перемещения в диалоговом окошечке.

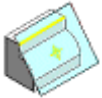


Если появится необходимость переместить ранее построенную плоскость в другое место, то следует дважды щелкнуть по этой плоскости, опять появится окно с расстоянием перемещения , в которое следует ввести новое значение, “покрутить” модель (F4) для визуальной проверки и нажать кнопку .

Способы создания рабочих плоскостей



- по трем точкам – через любые три точки (конечные, средние, пересечения или рабочие точки) проводится рабочая плоскость, положительное направление координатной оси X рабочей плоскости которой проходит от первой ко второй точке; положительное направление оси Y — перпендикулярно к оси X в сторону третьей точки



- по касательной к грани и через ребро - через искривленную грань и линейное ребро, заданные в любой последовательности, проводится рабочая плоскость, координатная ось X которой проходит по линии касания плоскости с заданной гранью. Положительное направление оси Y проходит от оси X к заданному ребру



- через точку и перпендикулярно к оси - через линейное ребро (ось) и точку, заданные в любой последовательности, проводится рабочая плоскость, положительное направление координатной оси X рабочей плоскости проходит от пересечения плоскости с осью к заданной точке. Положительное направление оси Y задается дополнительно



- через два компланарных ребра проводится рабочая плоскость, положительное направление координатной оси X которой проходит вдоль первого заданного ребра



- через точку и перпендикулярно кривой проводится рабочая плоскость. После выбора нелинейного ребра или кривой эскиза (дуга, окружность, эллипс, сплайн), и последующего указания вершины, средней точки ребра, точки эскиза или рабочей точки кривой, создается новая рабочая плоскость перпендикулярная кривой и проходящая через выбранную точку



- посередине двух параллельных плоскостей - создается новая рабочая плоскость, имеющая с систему координат и направление нормали первой из выбранных плоскостей



- через два компланарных ребра - создается новая рабочая плоскость, положительное направление координатной оси X которой проходит вдоль первого заданного ребра



- со смещением от грани. После выделения грани, осуществляется ее перетаскивание в сторону, удерживая за ребро. Далее необходимо перетащить выделенную грань. Появляется диалоговое окно, где вводится значение расстояния между гранью и рабочей плоскостью



- под углом к грани. После указания грани детали и любого параллельного ей ребра временно создается рабочая плоскость, ориентированная под углом  $90^0$  градусов к заданной грани. Появляется диалоговое окно, где нужно ввести значение угла между рабочей плоскостью и гранью



- через точку и параллельно плоскости. После задания в любой последовательности плоской грани (рабочей плоскости) и любой точки создается новая рабочая плоскость, координатная система которой ориентирована так же, как и система выбранной плоскости



- по касательной к искривленной грани и параллельно плоскости. После задания в любой последовательности искривленной грани и плоской грани (рабочей плоскости), создается новая рабочая плоскость, касающаяся искривленной грани. Координатная система новой плоскости ориентирована также как и система заданной плоскости. Этот метод используется также для создания рабочей плоскости, касающейся грани или плоскости, перпендикулярной к другой плоскости





• по касательной к цилиндру. После указания вспомогательного отрезка, соединяющего ось и ребро цилиндра, и точка касания на ребре цилиндра создается новая рабочая плоскость, касающаяся ребра цилиндра в заданной точке касания

Алгоритм создания рабочей плоскости

1.Щелкнуть по кнопке **Work Plane**  на панели инструментов **Feature**

2.Указать вершины, ребра или грани для определения рабочей плоскости.

3.Настроить размеры и расположение изображения рабочей плоскости:

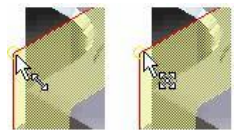
3.1.подвести курсор к углу изображения плоскости до появления возле курсора значка изменения размеров. Нажать кнопку мыши и перетащить угол, изменяя размеры. Затем отпустить кнопку мыши.

3.2.подвести курсор к ребру изображения плоскости до появления возле курсора значка перемещения. Нажать кнопку мыши и перетащить ребро, изменяя местоположение. Затем отпустить кнопку мыши.

3.3.для смещения рабочей плоскости перетащить изображение рабочей плоскости в нужную позицию и ввести значение в диалоговом окне **Offset**.

3.4.Щелкнуть на галочке в диалоговом окне для завершения построения. Если возможно несколько решений для позиционирования, то появляется панель выбора. Выделить требуемое расположение, щелкая на стрелках. Затем щелкнуть на среднем значке для завершения выбора.

Чтобы создать новую рабочую плоскость построения эскиза, достаточно левой кнопкой мыши указать на любую грань или ребро и выбрать в контекстном меню команду определения нового эскиза **New Sketch**. Данную рабочую плоскость можно перенести при помощи мыши или воспользоваться в качестве прототипа ранее построенной плоскостью. Изображение рабочей плоскости в графической области можно перемещать и изменять в размерах. Для изменения размера плоскости нужно просто указать на нее мышью и воспользоваться вспомогательными "ручками", которые появляются в углах плоскости. Для этого нужно захватить изображение за его ребро или угол и перетаскивать в нужном направлении.





## ГЛАВА 6 СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Когда эскиз закончен, используются стандартные средства его выдавливания или вращения. При этом с помощью мышки можно указывать и динамически изменять расстояние, отслеживая его величину в диалоговом окне. Если эскизы пересекаются, программа предложит выбрать ту замкнутую область, к которой следует применить данную команду. При наличии нескольких эскизов детали создаются методами протягивания или создания поверхности перехода по нескольким сечениям.

В компьютерной графике для элементов деталей типа сопряжений, отверстий, фасок, поверхностей уклона, оболочек, поверхностей расщечения, массивов, комбинированных элементов и разрезов детали. используется термин типовые конструктивные элементы. Типовые конструктивные элементы – это элементы, для создания которых не требуется предварительного вычерчивания эскиза и имеющие заранее определенную пространственную форму. В среде пользователей графических инженерных пакетов к таким элементами все чаще применяется термин фьючерсы.

Применение типовых элементов более предпочтительно, чем элементов созданных на основе эскиза, т. к. упрощается процесс конструирования и упрощается процесс создания параметрических чертежей – тип и размеры элемента можно указать в примечании. Поскольку фьючерсы созданы заранее, для их применения достаточно выбрать нужный элемент и задать его параметры – иначе говоря, необходимость в построении эскизов для таких элементов отсутствует. Например, для снятия фаски необходимо лишь выбрать ребро и задать параметры фаски. Проектируемые фьючерсы динамически отображаются на проектируемой детали для предварительного просмотра.

Существует три вида типовых конструктивных элементов:

- **объединяемые.** Это элементы, при импорте которых в новую деталь происходит дополнение детали путем объединения объемов
- **вырезаемые.** Это элементы, при импорте которых в новую деталь происходит вырезание объема импортируемого элемента из тела новой детали
- **пересекающие.** Это элементы, при импорте которых в новую деталь происходит создание нового объема путем пересечения конструктивного элемента и детали

К типовым фьючерсам относятся оболочки (пустотелая деталь с заданной толщиной стенки), сопряжения (скругление выбранного ребра для сопряжения двух граней), фаски (удаление острых ребер на внешнем/внутреннем ребре путем удаления/добавления материала соответственно), наклонные грани, отверстия и резьбы. Параметры двух последних фьючерсов задаются в соответствующих диалоговых окнах, которые открываются при создании и редактировании этих фьючерсов.

Inventor обладает полным набором инструментов для создания сопряжений постоянного и переменного радиуса, поддерживает все три метода построения фасок (по заданию длины, расстояния и угла), чем отличается от большинства других программ, позволяющих создавать фаски только двумя способами.

### 6.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Команды создания типовых конструктивных элементов сгруппированы на панели инструментов **Feature**. Конструктор с помощью соответствующих диалоговых окон задает значения их параметров и, затем, позиционирует их на детали. Для изменения типовых элементов необходимо просто изменить управляющие ими параметры.

Наложенные типовые элементы редактируются аналогично редактированию элементов, создаваемых на основе эскиза: либо с помощью диалогового окна, либо путем модифицирования появляющихся значений размеров элементов.

При построении эскизных конструктивных элементов следует придерживаться рекомендаций:

- базовые конструктивные элементы могут создаваться только на основе не поглощенного эскиза
- для построения базовых конструктивных элементов следует использовать методы ограничения **Distance** или **Angle**. Прочие методы ограничения (**To Next**, **From To**, **All**, **Through**) доступны только для деталей, имеющих несколько конструктивных элементов.
- конструктивные элементы, создаваемые после базового, могут строиться либо из не поглощенного эскиза, либо по контуру другого конструктивного элемента. Для использования имеющегося конструктивного элемента необходимо установить плоскость построения на грани этого элемента, а затем выбрать контур грани для построения нового конструктивного элемента.

Во время построения конструктивного элемента возможен выбор из нескольких контуров. Для отмены выбора отдельного контура следует повторно щелкнуть на нем, удерживая нажатой клавишу CTRL.

Контур может состоять из одной или нескольких замкнутых фигур; последние могут пересекаться или быть вложенными, образуя островки.

Отображение конструктивных элементов можно временно подавлять, при этом они не удаляются из модели. Позднее можно вновь сделать элемент видимым. После подавления значки конструктивных элементов в браузере перечеркиваются и отображаются другим цветом. Для того чтобы выделить подавленный элемент в графическом окне, необходимо навести мышь на его элемент браузера. Для восстановления конструктивного элемента необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на значке восстанавливаемого элемента в браузере и выбрать **UnSupress** из контекстного меню.

Редактировать конструктивные элементы можно двумя способами:

**Изменяя эскиз конструктивного элемента** путем изменения размеров, либо с помощью наложения, изменения или удаления геометрических зависимостей

1. Выбрать в браузере конструктивный элемент для редактирования.

2. Щелкнуть правой кнопкой мыши на значке конструктивного элемента и выбрать **Edit Sketch** из контекстного меню. Изображение конструктивного элемента временно исчезает, и остается только изображение эскиза.

3. Начать редактирование:

3.1. для изменения существующего размера дважды щелкнуть на его обозначении и ввести новое значение. щелкнуть на зеленой галочке для принятия изменений.

3.2. для нанесения нового размера вызвать команду **Dimension**, выбрать геометрию и нанести обозначение. Щелкнуть на обозначении размера и задать его значение.

3.3. для удаления зависимости вызвать команду **Show Constraint**, затем указать элементы геометрии, на которые она была наложена. Появляется обозначение зависимости. Щелкнуть правой кнопкой мыши на обозначении зависимости и выбрать **Delete** из контекстного меню.

3.4. для наложения зависимости вызвать одну из команд наложения зависимостей и указать элементы геометрии.

4. Нажать кнопку **Update** для применения новых значений

Типовые конструктивные элементы, такие как отверстия, наклонные грани, сопряжения и фаски, не имеют своих эскизов. Для изменения размеров таких элементов необходимо их переопределение

**Изменяя значения, заданные при создании** конструктивного элемента путем замены контура, изменения размерных и угловых величин для геометрии, а также выбором иного метода ограничения конструктивного элемента. Можно также изменить способ взаимодействия с другим конструктивным элементом: объединение, вычитание или пересечение.

1. В графической области или в браузере выбрать конструктивный элемент для редактирования.

2. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Edit** из контекстного меню. Появляется эскиз конструктивного элемента, если он имеется, и диалоговое окно задания параметров конструктивного элемента.

3. Нажав кнопку **Sketch**, пользователь может выбрать контур.

4. Нажать кнопку **Update** для применения новых значений.

Непосредственно преобразовать конструктивный элемент в поверхность невозможно. Если требуется выполнить такое преобразование, необходимо удалить конструктивный элемент с сохранением геометрии его эскиза. Затем конструктивный элемент вновь создается на основе сохраненной геометрии, но с изменением типа.

Удаление одного конструктивного элемента затрагивает и другие элементы, геометрически от него зависимые. Так, некоторые конструктивные элементы могут быть также удалены, другие — остаться «плавающими» без своего элемента-предка, а третьи могут потерять некоторые зависимости.

1. Указать в браузере или в графической области удаляемый конструктивный элемент.

2. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Delete** из контекстного меню.

3. В диалоговом окне **Delete Features** определить, какие зависимые конструктивные элементы, эскизы и рабочие элементы необходимо удалить, а какие сохранить

3.1. для эскизов выбранных элементов выполнить одно из следующих действий:

3.1.1. нажать ОК для автоматического удаления эскизов, поглощенных выбранными конструктивными элементами.

3.1.2. сбросить флажок для того, чтобы сохранить поглощенные эскизы, а затем нажать ОК

3.2. для зависимых эскизов и конструктивных элементов:

3.2.1. нажать ОК для автоматического удаления эскизов и конструктивных элементов, зависимых от выбранных элементов.

3.2.2. сбросить флажок для сохранения эскизов и конструктивных элементов, затем нажать ОК

3.3. для зависимых рабочих элементов:

3.3.1. нажать ОК для автоматического удаления рабочих элементов, зависимых от выбранного конструктивного элемента.



## 3.3.2. сбросить флажок для сохранения рабочих элементов, затем нажать ОК

Сохраненную геометрию, зависимую от удаленного конструктивного элемента, в дальнейшем следует зафиксировать. Сохраненные эскизы можно связать с новой плоскостью построений. Расположение сохраненных конструктивных элементов можно изменить наложением геометрических и размерных зависимостей.

## 6.1.1 ЭЛЕМЕНТЫ ТИПА ОБОЛОЧКА (SHELL)

**ОБОЛОЧКА** - это параметрические элементы, используемые для моделирования деталей, которые получаются путем литья или штамповки. Использование инструмента **Shell** позволяет получить полые детали способом удаления внутренней части, образуя в них выемку. В Inventor имеется возможность создавать твердотельные модели с назначенной толщиной - пользователь задает толщину тела оболочки и указывает направление ее создания по отношению к текущей поверхности детали. Если ни одна поверхность не указана как удаляемая, методом создания оболочка создается пустотелая деталь. Если при получении оболочки выбирается одна или более грани детали для их удаления, оставляя существующие грани для формирования стенки оболочки, то получается полая деталь. Между деталью и оболочкой существует размерная зависимость, поэтому при изменении размеров оболочки автоматически изменяются и элементы детали, и наоборот.




Элементы оболочек используются в полых деталях, для разнообразных промышленных целей. Например, из оболочек создают формы, отливки, контейнеры, бутылки и канистры. Желательно создавать стенки одинаковой толщины, так как это помогает предотвратить искажения при изготовлении и при охлаждении отливки. Однако оболочки могут иметь разную толщину для отдельных поверхностей.

Поскольку при создании оболочек материал из внутренней части деталей удаляется, конструктивные элементы, добавленные к детали после создания оболочки, не могут влиять на оболочку. Например, если был создан профиль и выдавлен элемент на теле оболочки, то на выдавленном элементе не будут созданы оболочки. Поэтому создание оболочки должно быть завершающей операцией при создании детали.

Для того чтобы обеспечить включение всех необходимых конструктивных элементов в оболочку, следует применять один из методов:

- все конструктивные элементы детали должны быть созданы до того, как будете создаваться оболочка
- использовать браузер для изменения порядка конструктивных элементов. Можно переместить все элементы над иконкой **Shell** в дереве иерархий.

Создание внутренней поверхности со смещением (толщиной стенки), величина которого задается в диалоговом окне **Shell**, открываемого после щелчка по кнопке , расположенной на панели инструментов **Features**. В этом диалоговом окне можно задать следующие опции:

**Remove Faces** – кнопка, щелчок по которой позволяет указать грани для исключения из элементов оболочки. Оставшиеся грани формируют стенки оболочки заданной толщины. Для выбора граней следует нажать кнопку и указать грани детали в графической области. Если ни одна грань детали не исключена, то оболочка полностью повторяет форму детали. Изменение в выборе граней вводится при нажатой клавише CTRL.

**Thickness** – список в котором задается значения толщины, устанавливаемой по умолчанию для всех стенок оболочки. Стенки оболочки формируются на гранях детали, не выбранных для исключения. Для доступа к ранее использованным значениям можно раскрыть список, щелкнув правой кнопкой мыши или нажав на стрелку



**Direction** – зона, в которой определяется направление создание стенки с заданной толщиной

**Inside** – переключатель обеспечивающий смещение стенок внутрь детали, используя грани детали в качестве внешних стенок оболочки. Внешние грани исходной детали остаются снаружи


**Outside** – переключатель обеспечивающий смещение стенок во внешнюю сторону, используя грани детали в качестве внутренних стенок оболочки. Внешние грани исходной детали остаются внутри

**Both Sides** – переключатель установка которого обеспечивает равное смещение стенок как внутрь детали, так и во внешнюю сторону, используя грани детали в качестве середины стенки оболочки. На гранях исходной детали стенки строятся внутри и снаружи, в половину толщины с каждой стороны

**More button** – кнопка, щелчок по которой открывает дополнительную зону, в которой пользователь с помощью опций содержащихся в ней, имеет возможность переопределить толщину указанной стенки или для отдельных наборов стенок оболочки можно задавать различную толщину, отличную от заданной по умолчанию. Для этого необходимо щелкнуть в строке с именем стенки, затем указать стенку

**Select** - количество граней в наборе, для которых задается новая толщина

**ØThickness** - новая толщина для набора граней. Толщина граней, включенных в набор, восстанавливается по умолчанию путем удаления строки из списка **Unique Face Thickness** нажатием клавиши **Delete**

Элементы оболочки могут легко редактироваться, путем изменения параметров, которые ими управляют. Для построения полый тонкостенной оболочки путем удаления внутренней части имеющейся детали используется пиктограмма  команды **Shell**, расположенная на панели инструментов **Features**:

1. Создать конструктивный элемент, отдельную деталь или деталь в изделии
2. Вызвать команду **Shell**
3. Нажать кнопку **Remove Faces** и указать в модели грани исключаемые из оболочки. Если перед вызовом команды была выделена какая-либо грань, она автоматически попадает в набор для исключения
4. Нажать кнопку задания направления отсчета толщины стенок (смещения) относительно граней оболочки
5. Ввести значение толщины по умолчанию для граней оболочки
6. Для задания толщины отдельных граней оболочки нажать кнопку **More**
7. Щелкнуть на строке **Add** в списке и указать одну или несколько граней
8. В графе **Thickness** ввести значение толщины для набора граней. Если необходимо, продолжить задание толщины для других граней.
9. Нажать **OK**

### 6.1.2 СОПРЯЖЕНИЯ (FILLET)

**СОПРЯЖЕНИЕ** (скругление, галтель) – это типовые конструктивные элементы, создающие сглаживание места пересечения внутренних или внешних ребер и углов детали. Криволинейный переход, созданный при сглаживании, моделирует сопряжение/скругления одной (нескольких) граней или поверхностей детали. Сопряжение является местным элементом, расположенным на наружных или внутренних углах трехмерной детали, при создании которого отрезается внешняя грань или заполняется внутренняя кромка.



Добавление сопряжений эффективнее проводить на последних этапах проектирования, потому что

- легче добавить эскиз к поверхности и другие необходимые компоненты к базовому элементу, которая пересекается с другими острым углом
- наличие сопряжений повышает сложность детали
- увеличивается время, необходимое для регенерации при изменении размеров конструктивных элементов
- увеличивается размер файла
- удаляются кромки, которые могут быть использованы для размещения других элементов
- наклон грани легче выполнять, если она соединяется с другими гранями под острыми, не сглаженными углами, то есть до построения сопряжений
- изменение порядка следования конструктивных элементов может привести к нежелательным результатам в отношении имеющихся сопряжений.

Сопряжение может иметь постоянный или переменный радиус. Галтель, создаваемая:

- с постоянным радиусом - имеет одинаковый радиус на всей длине. Сопряжения с одинаковым радиусом на трех смежных ребрах можно выполнять как отдельно, так и сразу за одну операцию. Однако создание сразу всех сопряжений за одну операцию экономит время, а значит, более эффективно
- с переменным радиусом - имеет радиус, который меняется по длине ребра. Различные значения радиуса задаются для начальной и конечной точек, причем расстояние от этих точек определяет величину радиуса галтели. Кроме того, можно задавать промежуточные точки с различными радиусами. Форма сопряжения определяется законом изменения радиуса

Сопряжение может налагаться на несколько ребер за одну операцию, в этом случае все галтели и углы становятся одним элементом. Преимущества и недостатки:


- когда добавляются сопряжения с одним и тем же радиусом к трем пересекающимся граням, то результат будет одинаков, независимо от того, добавляются они раздельно или за одну операцию. Наиболее эффективным методом будет, все же, добавление их за одну операцию;
- если у каждой грани различный радиус, то лучше применять одну операцию для всех галтелей, если это возможно, для получения сглаженного угла. Эта операция всегда приводит к смешанному углу;
- когда две грани имеют одинаковый радиус, а третья - отличающийся от них, тоже лучше использовать одну операцию, если это возможно. Если добавляются галтели различными операциями, то операция создания галтели с наибольшим радиусом должна выполняться первой;
- когда сопряжение удаляется с четырех или более ребер, то лучше выполнять за одну операцию.

При удалении ребра, для которого задана галтель:

- если галтель определена для одной грани, то любые операции, которые удаляют эту грань, приводят к некорректности в модели, поскольку галтель больше не существует;
- если галтель определена для нескольких граней как один конструктивный элемент, то удаление отдельных ребер допустимо, а сопряжение обновляется с учетом оставшихся ребер. Удалять ребра можно до тех пор, пока в модели остается хотя бы одно ребро из тех, на которых построено это сопряжение

Пользователь может создавать скругление в эскизе, добавляя, при создании профиля, плоскую галтель. Галтель, выполненная в плоскости, и галтель, сделанная на модели, приводят к тому же результату. Однако, результат аналогичен, тело с галтелями, выполненными в объеме, имеет несколько особенностей:

- галтели могут быть отредактированы, подавлены или удалены независимо от выдавленного тела, без возвращения к исходному эскизу
- так как исходные грани сохранены, то сохраняется больше возможностей управления формой вершин модели
- при выполнении последующих операций, таких как, например, наклон граней, предоставляется большая гибкость для редактирования модели.

Геометрия и размеры сопряжений задаются с помощью опций диалогового окна **Fillet**, которое открывается после щелчка по одноименной кнопке  на панели инструментов **Features**. В этом диалоговом окне содержатся следующие компоненты:

**✓Constant** - вкладка, на которой содержатся опции задания сопряжений постоянного радиуса:

**∅Edges** – колонка, в которой указывается количество ребер на которых строится сопряжении с радиусом скругления заданным в столбце **Radius**. Для добавления нового комплекта ребер необходимо щелкнуть в последней строке, а затем указать ребра на модели детали в графической области. Для удаления ребра из набора необходимо еще раз указать на каждое удаляемое ребро при нажатой клавише CTRL. Если необходимо выделить только определенную кромку без выделения тангенциальных к ней ребер, необходимо щелкнуть по кнопке **More** и удалить флажок **Automatic Edge Chain**



**∅Radius** – колонка, содержащее значение радиусов сопряжений для выбранного в столбце **Edges** набора ребер. Для изменения радиуса необходимо щелкнуть кнопкой мыши по значению радиуса и ввести новое значение

**∅Select Mode** – зона, в которой содержатся переключатели добавления/удаления ребер из набора. Для задания нужного режима следует включить соответствующую опцию:

**\$Edge** – добавление/удаление ребер по отдельности

**\$Loop** - добавление/удаление ребер, образующих замкнутый контур вокруг грани (плоскости/поверхности)

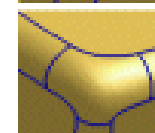
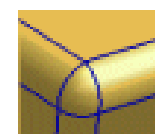
**\$Feature** - добавление/удаление всех ребер указанного конструктивного элемента (ребра не должны быть результатом булевой операции пересечения). При работе с изделиями выбирать можно только конструктивные элементы

**∅All Fillets** – флажок добавления/удаления всех прямолинейных ребер и углов, не являющихся результатом пересечения конструктивного элемента с другими гранями. Эта опция требует создания отдельного набора галтелей

**∅All Rounds** - флажок добавления/удаления всех выпуклых/вогнутых ребер и углов. Эта опция требует создания отдельного набора галтелей ребер. При работе с изделиями недоступна

**∅More** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает доступ к дополнительным опциям, касающимся сопряжений и скруглений, определяющих их построение, в местах, где заданный радиус привел бы к расширению смежных граней. Настройки опций, заданные по умолчанию, подходят для большинства сопряжений, обеспечивая самое эффективное выполнение сопряжений/скруглений

**\$Roll Along Sharp Edges** – опция задания метода построения сопряжения. Если опция включена, то в местах, где близко проходят ребра смежных граней обеспечивается автоматический расчет радиуса сопряжения не вносящий искажения в сопрягаемые поверхности - радиус сопряжения уменьшается. Если опция не включена, радиус сопряжения не изменяется, а смежная грань при необходимости расширяется, искривляя формы сопрягаемых поверхностей



**\$Rolling Ball Where Possible** – опция задания формы сопряжения в углах пересечения сопрягаемых ребер. Если флажок установлен, то угловое сопряжение имеет такой вид, как будто по ребрам и вершинам мягкой детали был прокатан шарик - обеспечивается задание стиля выполнения скругления на основе шарообразной поверхности в точке соприкосновения. Если флажок не установлен, то сопряжение производится методом расчета, обеспечивая автоматиче-

ский выбор всех соприкасающихся в одной точке тангенциальных ребер и создание углового сопряжения плавным переходом между сопряжениями в углах

**\$Automatic Edge Chain** – задание режима выбора ребер. Если флажок установлен, то указанием одного ребра для построения сопряжения автоматически выбирается цепочка всех касательных к нему ребер. Если опция отключена, то возможен выбор части ребра, на концах которого уже имеются угловые сопряжения

**\$Preserve All Features** – при установке флажка для всех элементов пересекающихся создаваемое сопряжение осуществляется постоянный. Если флажок не установлен, то перерасчет осуществляется только для элемента, ребра которого выбраны для операции сопряжения

**Variable** - вкладка, на которой содержатся опции задания галтелей переменного радиуса. Дополнительные условия добавления/удаления ребер содержатся в зоне этого диалогового окна, открываемой после щелчка по кнопке **More**

**Edges** – колонка, в которой содержится перечень наборов ребер, на которые наложены скругления переменного радиуса. Для добавления ребра следует щелкнуть на подсказке **Add** внизу списка и указать ребро в графической области. Для выбора отдельного ребра без касательных к нему ребер следует нажать кнопку **More** и сбросить флажок **Automatic Edge Chain**

**Point** - список точек (начало, окончание и промежуточные точки), в которых задаются переменные радиусы сопряжения

**Radius** – текстовое поле для ввода значения радиуса сопряжения в указанной точке. Для изменения радиуса нужно выбрать точку из списка и ввести новое значение в поле **Radius**

**Position** – задание точного места расположения указанной точки. Для изменения положения необходимо указать на точку в приведенном перечне точек, затем ввести значение в пределах 0-1, представляющее отношение длины, отмеряемой точкой, к общей длине. Если указанная точка содержит несколько тангенциальных кромок (цепочка касательных ребер), позиция точки рассчитывается относительно начальной точки того сегмента, на котором располагается определяемая точка

**Smooth Radius Transition** - флажок, установка которого позволяет выбрать сглаживающий (**Smooth**) метод задания сопряжения переменного радиуса (сопряжение с плавным изменением радиуса) между контрольными точками. Если флажок не установлен, то сопряжение выполняется линейным (по умолчанию опция включена)

**Setback** - вкладка, на которой содержатся опции задания формы углового сопряжения в вершинах модели - скругления соприкасающихся (тангенциальных) ребер. Для каждого ребра можно задать свою длину углового сопряжения. Дополнительные условия добавления/удаления ребер содержатся в зоне этого диалогового окна, открываемой после щелчка по кнопке **More**

**Vertex** – текстовое поле, в котором содержится перечень наборов точек, где пересекаются ребра, выбранные для построения сопряжения тангенциальных ребер. Вершины выбираются в графической области

**Edge** - текстовое поле, в котором содержится список ребер, пересекающихся в выбранной вершине. Следует указать ребра в графической области

**Setback** - текстовое поле, в котором задается длина соприкасающихся ребер, на которой создается трехмерное сопряжение. Требуется ввести значение зазора

Алгоритм построения сопряжения постоянным радиусом:

1. Вызвать команду **Fillet**
2. Ввести радиус для первого набора ребер.
3. Выбрать нужный режим выбора объектов в группе переключателей **Select Mode**
4. Указать ребра в графической области.
5. Для задания опций обработки острых ребер, углов и выбора цепочек ребер следует нажать кнопку **More**. Для задания формы углового сопряжения в вершинах следует перейти на вкладку **Setback**
6. Для построения сопряжения с другим значением радиуса сформировать следующий набор ребер.

Алгоритм построения сопряжения переменным радиусом

1. Вызвать команду **Fillet**
2. Перейти на вкладку **Variable**
3. В графической области указать первое ребро для построения сопряжения.
4. Для добавления точек на ребре можно перемещать обозначение точки вдоль выбранного ребра и добавлять точки щелчком мыши. При сопряжении на замкнутом ребре (например, на торце цилиндра) не требуется указание начальной и конечной точек. Необходимо только задать точки, где определяются радиусы сопряжения





5. Выбрать начальную точку в списке **Point** и задать радиус. Сделать то же самое для конечной точки  
 6. Если добавлены точки на ребре, то для каждой из них задать радиус и точное местоположение, последовательно выбирая точки из списка.

7. Для построения сопряжения на следующем ребре щелкнуть на подсказке **Add** в списке **Edges**, указать ребро в графической области, затем задать точки и радиусы.

8. Для задания опций обработки острых ребер, углов и выбора цепочек ребер следует нажать кнопку **More**. Для задания формы углового сопряжения в вершинах следует перейти на вкладку **Setback**.



Алгоритм задания формы угловых сопряжений в вершинах:

1. Указать ребра, задать радиусы и другие параметры для построения сопряжения постоянным или переменным радиусом.
2. Перейти на вкладку **Setback**.
3. В графической области указать вершину.
4. Ввести значение длины углового сопряжения в направлении первого ребра.
5. Повторить ввод значений для каждого ребра в списке. Вводимые значения могут быть различными.

### 6.1.3 ФАСКА (CHAMFER)

**ФАСКА** - это скошенная поверхность, размещенная на одном или нескольких ребрах детали. Для создания фаски выбирается кромка, по которой сопрягаются две грани, причем при выполнении фаски материал детали удаляется на обеих гранях. Фаска может быть задана расстоянием от грани, расстоянием и углом, или различными расстояниями от угла для каждой поверхности. Подобно галтели, фаски не требуют эскиза, и конструируются на гранях, к которым они привязываются. Фаски являются завершающими элементами, поэтому их стараются выполнять на завершающих стадиях процесса конструирования детали, после того, как все необходимые конструктивные элементы построены и выверены.

При построении фаски задается способ обработки пересечений в вершинах и выбираются отдельные ребра или последовательности ребер. Все фаски, построенные за один вызов команды, являются одним конструктивным элементом.

При работе с деталями пиктограмма  команды **Chamfer** располагается на панели инструментов **Features**. При работе со сборками пиктограмма команды находится на панели инструментов **Assembly**. После щелчка по кнопке  открывается диалоговое окно **Chamfer**, в котором содержатся следующие опции:

**Method** – зона, в которой задается способ построения фаски

**Distance** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает построение симметричной фаски по длине, отмеряемой на двух гранях, образующих ребро. Пользователь выбирает одно или несколько ребер, а также может задать способ обработки в вершинах

**Distance and Angle** - кнопка, щелчок по которой обеспечивает построение фаски по длине, отмеряемой от ребра, и углу к грани. За одну операцию можно снять фаску на одном или нескольких ребрах выбранной грани

**Two Distances** - кнопка, щелчок по которой обеспечивает построение фаски на одном ребре или одной последовательности касающихся ребер по длинам, отмеряемым на двух смежных гранях

**Edges and Faces** – зона, в которой содержатся опции выбора одного или нескольких ребер/граней при построении. Выбор при нажатой клавише **CTRL** позволяет исключать выбранные ранее объекты из набора

**Edge** - кнопка, щелчок по которой обеспечивает выбор отдельных ребер для снятия фаски и предварительный просмотр длины по умолчанию на модели

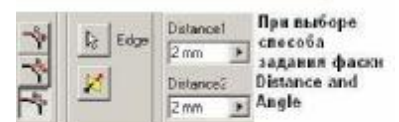
**Face** - кнопка, щелчок по которой обеспечивает выбор грани при построении фаски по длине и углу

**Flip** – кнопки смены направления измерения при построении фаски по двум длинам

**Distance and Angle** - зона, в которой содержатся опции задания параметров для выбранного способа построения фаски

**Distance** – текстовое поле, в котором задается длина фаски выбранных ребер, отмеряемой вдоль грани. При построении фаски по двум длинам задается расстояние по каждой из двух смежных граней

**Angle** - текстовое поле, в котором задается угол к выбранной грани при построении фаски по длине и углу



При выборе способа задания фаски Distance and Angle

При выборе способа задания фаски Two Distance

**More** - кнопка, щелчок по которой открывает дополнительную зону, в которой содержатся дополнительные параметры задания способов выбора ребер и обработки их точек пересечения

**Edge Chain** – кнопки задания режима выбора всех касающихся ребер (**All tangentially connected edges**) или одного ребра (**Single edge**)

**Setback** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает задание способа построения угловых пересечений трех и более обрабатываемых ребер при создании фаски по одной длине



**Setback** - построение плоской поверхности в вершине пересечения



**No Setback** - построение угла с вершиной, как если бы ребра были обработаны фрезой

Алгоритм построения симметричной фаски по одной длине:

1. Вызвать команду **Chamfer**

2. Ввести с клавиатуры, измерить или выбрать из списка значение длины.

3. Указать ребра.

4. Для изменения параметров нажать кнопку **More**

5. Указать режим в группе **Edge Chain**:

5.1. левая кнопка задает режим выбора всех касательных ребер.

5.2. правая кнопка задает режим выбора ребер по одному.

6. Указать режим в группе **Setback**. Переключатели влияют на построение фасок в случае пересечения трех и более ребер:

6.1. левая кнопка задает режим построения плоской поверхности в месте пересечения.

6.2. правая кнопка задает режим построения угла в месте пересечения, как если бы каждое ребро детали было обработано фрезой.

7. Указать ребра для снятия фаски.

8. Нажать ОК.

Алгоритм построения фаски по длине и углу:

1. Вызвать команду **Chamfer**

2. Нажать кнопку **Distance and Angle**

3. Указать грань, от которой должен отсчитываться угол для снятия фаски. Далее выбрать одно или более ребер.

4. Ввести значения длины и угла фаски.

5. Для установки переключателя **Edge Chain** нажать кнопку **More**.

6. До выбора ребер установить переключатель в группе **Edge Chain**.

6.1. левая кнопка задает режим выбора всех касательных ребер.

6.2. правая кнопка задает режим выбора ребер по одному.

7. Указать ребра для снятия фаски.

Нажать ОК.

Алгоритм создания фаски по двум длинам:

1. Вызвать команду **Chamfer**

2. Нажать кнопку **Two Distances**. Далее выбрать ребра.

3. Ввести значения в текстовые поля **Distance 1** и **Distance 2**. Значение длины можно измерить или выбрать из списка.

4. При необходимости нажать кнопку смены направления **Flip**.

5. Для установки переключателя **Edge Chain** нажать кнопку **More**.

6. До выбора ребер установить переключатель в группе **Edge Chain**.

6.1. левая кнопка задает режим выбора всех касательных ребер.

6.2. правая кнопка задает режим выбора ребер по одному.

7. Указать ребра для снятия фаски.

8. Нажать ОК.

### 6.1.4 ОТВЕРСТИЕ (HOLE)

В Inventor можно создавать параметрические фьючерсы в виде гладкого отверстия (**drilled**), отверстия с цековкой (**counter bore**) и зенкованного отверстия (**counter sink**), каждое из которых может являться резьбовым (**threads**). В зависимости от выбранного типа отверстия его размеры задаются в области предварительного просмотра диалогового окна.

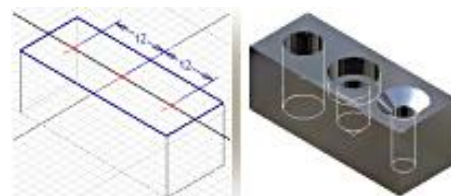
Отверстия можно строить как в деталях, так и в сборках. Отверстия могут проходить насквозь через деталь, завершаться в определенной плоскости или на определенной глубине. В любой момент проектирования конструктор может переходить от одного типа отверстия к другому.



При работе с деталями в одном конструктивном элементе может объединяться несколько отверстий с одинаковыми параметрами (диаметром и методом ограничения). Различные отверстия могут создаваться из одного общедоступного эскиза с набором центральных точек. Построение массивов отверстий при работе со сборками невозможно.

Если отверстие создается не как фьючерс, то пользователь для определения отверстия, должен вычертить окружность, исходную для данного отверстия, или использовать инструмент **Point/Hole Center** на панели **Sketch** для создания точки центра отверстия, также в качестве центра отверстия можно задать конечную точку линии.

Более удобно использовать для создания отверстий или инструмент **Hole** на панели **Feature**, который автоматически определяет точки для центров отверстий и который можно использовать для задания свойств отверстий.



Способы размещения элементов:

- по эскизу. Выбирается эскиз с центрами отверстий, созданными с помощью команды **Point/Hole Center**. Для построения отверстия задается точка центра, нанесенная на эскизе. В качестве центра может использоваться конечная или центральная точка имеющейся геометрии. Автоматически выделяются заранее нанесенные центры. Все отверстия, созданные за одну операцию, имеют одинаковые параметры (диаметр, ограничение и тип).

- относительно ребер. Отверстия на грани создаются относительно двух прямых ребер. Вначале выбирается грань для размещения отверстия, затем последовательно выбираются первое и второе ребро для задания центра отверстия

- концентрично. На грани создается отверстие, концентричное выбранному круговому ребру или грани. Первоначально указывается грань или рабочая плоскость для размещения отверстия, затем выбирается объект, круговое ребро или грань, центр окружности которой будет концентричен с центром отверстия

- в точке. Создается отверстие, чей центр совпадает с рабочей точкой и располагается относительно оси, ребра или рабочей плоскости. Вначале выбирается рабочая точка для указания центра отверстия, затем задается направление оси отверстия. Рекомендуется для выбора направления использовать имеющуюся плоскую грань или рабочую плоскость, перпендикулярную оси отверстия, или ребро или ось, параллельные оси отверстия

В среде работы с деталями несколько отверстий могут быть созданы за один вызов команды. При этом для построения могут быть выбраны имеющиеся центральные точки, нанесенные в эскизах для отверстий, а также конечные и центральные точки имеющейся геометрии. Такой подход дает следующие возможности:

- изменение размеров, типа, метода ограничения и других параметров сразу для всех отверстий.
- быстрое обновление отверстий в графической области.
- сокращение размера файла модели.

Построение нескольких отверстий можно выполнить и другим способом: сначала создается одно отверстие, а затем оно размножается массивом. В дальнейшем можно редактировать каждое отверстие отдельно или весь массив.

Множество отверстий может быть создано как один элемент (массив), используя любой вычерченный центр отверстия или выбором конечных или средних точек элементов. Отверстия создаются индивидуально, а затем с помощью инструментов **Circular Pattern** или **Rectangular Pattern** можно создать круговой или прямоугольный массив отверстий соответственно. Пользователь создает одиночное отверстие и преобразует его в набор отверстий, задавая количество и расположение отверстий в массиве. Для отверстий в массиве, так же как и для параметров одиночного отверстия, пользователь может редактировать как свойства отверстий, так и свойства набора. Все отверстия, созданные за одну операцию, имеют одни и те же свойства (диаметр, метод экструзии и тип), поэтому создание массива отверстий позволяет:

- изменить размеры, тип, способ удаления материала или другие характеристики всех отверстий сразу
- быстро обновлять отверстия в графическом окне
- уменьшить размеры файла детали

Если в массиве нужно иметь отверстия разного диаметра или типа, то нужно использовать разные эскизы для создания нескольких типов отверстий. Пользователь может разместить центры нескольких отверстий на одном чертеже и затем выбрать необходимые центральные точки для массива отверстий. Для завершения выбора центров во время просмотра, перед созданием отверстий, необходимо нажать и удержи-

вать клавишу CTRL во время выбора центров отверстий для экструзии. Пользователь может также использовать конечные точки или центральные точки созданных элементов как центры отверстий. Для создания массива отверстий с другими свойствами, необходимо выбрать другой набор центров.

Параметры самих отверстий и координаты их расположения являются параметрическими величинами, только если эти параметры были заданы в параметрической связи с параметрами других элементов. Отверстие, расположенное таким способом, может изменять свое положение при изменении параметров. Местоположение отверстия является параметрическим, если оно задано относительно другой геометрии. В этом случае отверстие всякий раз обновляется при ее изменении. Если же местоположение отверстия независимо, то при изменении элемента-предка отверстие не обновляется. Т.к. отверстия, размещенные относительно ребер, концентрично и в точке, требуют точного указания расположения, то они всегда будут параметрическими.

Список параметрических и непараметрических элементов отверстий:

▼ непараметрические элементы:

- эскиз, содержащий хотя бы один отрезок
- скрытый эскиз
- тип отверстия (просверленное, расточенное или зенкованное)
- способ удаления материала (дистанция, насквозь, до...)
- характеристики резьбы (глубина, диаметр сверления, стандартный диаметр или вид)

▼ параметрические элементы просверленного отверстия:


- диаметр отверстия под нарезание резьбы
- внутренний диаметр резьбы
- глубина сверления
- угол заточки сверла

▼ параметрические элементы зенкованного отверстия:

- диаметр отверстия под нарезание резьбы
- внутренний диаметр резьбы
- диаметр зенкера
- угол зенкера
- глубина сверления
- угол заточки сверла


▼ параметрические элементы расточенного отверстия:


- диаметр отверстия под нарезание резьбы
- внутренний диаметр резьбы
- диаметр расточки
- глубина расточки
- глубина сверления
- угол заточки сверла


Параметры типовых элементов отверстия и резьба задаются в диалоговом окне **Hole**, которое открывается щелчком по одноименной кнопке  при создании и редактировании элементов. В диалоговом окне содержится четыре вкладки:

▼ **Type** – вкладка, в которой выбираются опции задания центра отверстия и его тип: **Centers** – кнопка задания центра отверстия с автоматической привязкой конечной точке отрезка или к центру имеющейся геометрии (дуга, окружность)

**Hole type** – зона, в которой содержатся кнопки задания типа отверстия без резьбы:

§  **Drilled** - простое, гладкое отверстие

§  **Counter bored** - зенкованное отверстие


§  **Countersunk** - расточенное отверстие (отверстие с цековкой)

§ **Termination** - раскрывающийся список, в котором определяется, где элемент отверстия заканчивается:

§ **Distance** - ограничение глубины отверстия заданным положительным значением. Расстояние измеряется перпендикулярно исходной плоской грани


§ **Through All** - отверстие, которое проходит через все грани детали


§ **To** - ограничение глубины отверстия выбранной плоской гранью. Следует выбрать конечную ограничивающую поверхность и, при необходимости, установить флажок справа для того, чтобы было возможно ограничение продолжением этой поверхности

§  **Flip** – реверсирование направления выдавливания отверстия. Кнопка активна при выборе ограничений **Distance** и **Through All**





§  **Surface** - отверстие, которое заканчивается внутри детали на указанной поверхности или грани. Кнопка активна при выборе ограничения **To**

§  **Extended Face** - отверстие, которое заканчивается внутри детали на поверхности. Кнопка активна при выборе ограничения **To**

Ø**Preview** – графическая зона, в которой задаются геометрические размеры гладкого отверстия

✓**Threads** - вкладка содержащая параметры резьбового отверстия:

Ø**Tapped** – флажок, установка которого обеспечивает возможность выполнения резьбового отверстия

Ø**Full Depth** – резьба нарезается на всю глубину сверления

Ø**Thread Type** - раскрывающийся список доступных типов резьбы согласно стандарта, по которому выполняется резьбовое отверстие: **ANSI Unified Screw Thread** – задание дюймовой резьбы, **ANSI Metric M Profile** – задание метрической резьбы

Ø**Left Hand** – задание левосторонней резьбы

Ø**Right Hand** – задание правосторонней резьбы

Ø**Preview** – графическая зона, в которой задаются геометрические размеры резьбового отверстия (диаметр и глубина резьбы)

✓**Size** - вкладка, опции которой позволяют произвести точную настройку параметров резьбового отверстия:

Ø**Nominal Size** – в зависимости от выбранного стандарта резьбы в данном списке приведены стандартные значения диаметров резьбы. Для каждого номинального размера доступны один или несколько вариантов шагов. Для каждой комбинации номинального размера и шага доступны один или несколько классов

Ø**Pitch** - в зависимости от выбранного стандарта резьбы в данном списке приведены стандартные значения шага резьбы, как расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное вдоль оси резьбы. Шаг рассчитывается как значение, обратное числу витков на дюйм или миллиметр. В соответствии со стандартом для некоторых диаметров резьбы может быть приведено несколько значений шага

Ø**Class** – раскрывающийся список предлагаемых классов посадки для внутренней резьбы. Символ A относится к наружной резьбе, символ B — к внутренней. Более высокое число соответствует меньшему зазору в резьбе. Например, для винтов, болтов, гаек и других изделий общего назначения можно использовать класс 2B, а для более специализированных конструкций — класс 3B.

Ø**Diameter** – перечень, в котором указывается тип диаметра резьбы (к какой поверхности относится значение диаметра):

§**Minor** – задание наименьшего диаметра резьбы

§**Pitch** – задание диаметра резьбы по средней линии

§**Major** - задание наибольшего диаметра резьбы

§**Tap Drill** – задание диаметра отверстия в котором затем нарезается резьба

Ø**Preview** – графическая зона, в которой задаются точные геометрические размеры отверстия

✓**Options** – вкладка, на которой находятся опции задания параметров геометрии доньшка высверленного отверстия

Ø**Drill Point** – зона, в которой задается угол цековки отверстия и определяется геометрия доньшка

§**Flat** – выполнение плоского доньшка отверстию

§**Angle** – переключатель, установка которого позволяет задать угол заточки сверла (угол доньшка отверстия). Значение угла задается/выбирается из списка, расположенного справа от переключателя

§**Countersink Angle** – текстовое поле, в котором задается угол зенковки. Положительный угол зенковки отмеряется против часовой стрелки от оси отверстия, перпендикулярной к плоской грани

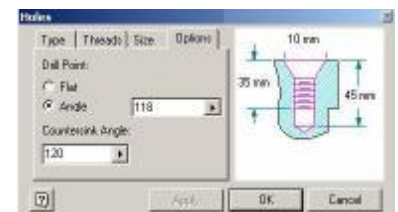
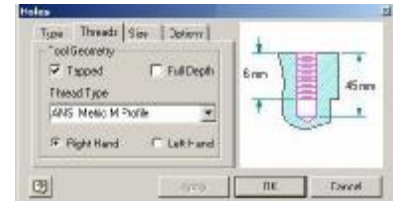
Для создания эскиза с центрами отверстий

1.Нажать кнопку **Sketch**, затем указать плоскую грань, определяющую плоскость построений.

2.Вызвать команду **Point** панели инструментов **Sketch** (по умолчанию, создаются точки в стиле **Hole Center**)

3.Разместить одну точку для одного отверстия или несколько точек для массива отверстий. Построение массивов отверстий при работе с изделиями невозможно.

4.При создании отверстия в изделии нажать кнопку **Undo**. Если требуется построить отверстия в круговом или прямоугольном порядке, то лучше воспользоваться одной из команд создания массива, чем позиционировать каждый центр отдельно.



5. Для построения отверстий по эскизу требуется центральная точка, нанесенная командой **Point/Hole Center** или определяемая конечной или центральной точкой какого-либо геометрического элемента эскиза. При работе с деталями несколько одинаковых отверстий могут быть объединены в один конструктивный элемент.

6. Щелкнуть по кнопке **Hole** на панели инструментов **Features** палитры. Автоматически выделяются заранее нанесенные центры. Выбрать нужную точку центра. По мере выбора центров появляются предварительные изображения отверстий. В качестве центров отверстий можно указывать конечные точки отрезков, сторон прямоугольников и дуг, а также центральные точки дуг, кругов и многоугольников.

7. Для выбора типа отверстия нажать одну из кнопок **Drilled**, **Counterbored** или **Countersunk**.

8. На вкладке **Options** выбрать тип дна отверстия. Если выбран тип отверстия **Angle**, то необходимо задать угол.

9. Раскрыть список **Termination** и выбрать одну из опций **Distance**, **Through All** или **To**. Тип ограничения **To** доступен только при работе с деталями.

10. Для типов **Distance** и **Through All** выбрать направление построения отверстия. При выборе ограничения **To** указать поверхность или продолжение грани.

11. Выбрать тип отверстия: простое, резьбовое или крепежное.

11.1. при выборе простого отверстия не требуется указывать каких-либо дополнительных параметров.

11.2. если выбрано резьбовое отверстие, то необходимо задать следующие свойства: Тип резьбы, ее размер, обозначение и класс, а также правое или левое направление. Если необходимо задать глубину отверстия, то следует снять флажок **Full Depth**, после чего ввести значение глубины в области предварительного просмотра диалогового окна **Hole**

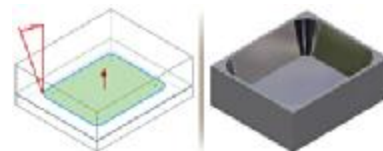
11.3. если выбрано крепежное отверстие, то необходимо указать параметры крепежа. Для этого необходимо указать стандарт, тип крепежа, размер и опцию вписывания.

12. Задать значения параметров отверстия в области предварительного просмотра диалогового окна **Hole**.

13. Нажать ОК для создания отверстия с указанными параметрами.

### 6.1.5 НАКЛОН ПОВЕРХНОСТИ (FACE DRAFT)

**НАКЛОН ПОВЕРХНОСТИ** - это изменение положения одной из поверхности детали так, что деталь может быть изменена или к ней может быть добавлена одна или более граней. Применяя наклон граней, можно свести на конус грани детали, отливаемой в форме, или построить скосы на гранях. Наклон поверхности можно использовать для задания уклонов при штамповке или зачистке при проектировании элементов штампованной или литой детали. Другой способ задания наклона граней литых деталей заключается в задании положительного или отрицательного угла конуса при выдавливании (**Extrude**) или сдвиге (**Sweep**).



Когда к поверхности применяется операция наклона, то результат операции определяется направлением выемки и фиксированным ребром, гранью или плоскостью, т.е. созданной связью между направлением уклона и зафиксированной гранью. Ребра или оси можно выбрать для указания направления выемки

Для создания уклона граней пользователь может выбрать целую грань или несколько соприкасающихся ребер одной грани. В зависимости от положения фиксированной плоскости в результате наклона материал может добавляться или удаляться. Для указания фиксированной плоскости и направления выемки могут использоваться грани или рабочие плоскости. По умолчанию направление выемки перпендикулярно фиксированной плоскости, однако его можно обратить. Фиксированная плоскость при этом становится «точкой опоры» для наклонной грани.

Зафиксированная верхняя грань задает направление выемки вверх:



- все смежные грани наклоняются, добавляя материал под фиксированной плоскостью



- фиксированная рабочая плоскость расположена касательно по отношению к искривленной грани. Материал добавляется от выбранных точек опоры фиксированной плоскости

Зафиксированная нижняя грань задает направление выемки вверх



- все смежные грани наклоняются, удаляя материал над фиксированной плоскостью



материал удаляется в направлении выемки, а нижняя грань используется при этом в качестве опоры

Зафиксирована рабочая плоскость. При задании направления выемки вверх:



материал добавляется под рабочей плоскостью и удаляется над ней под указанным углом в направлении выемки



- материал добавляется под рабочей плоскостью и удаляется над ней в направлении выемки

Зафиксирована смещенная плоскость. Направление выемки вверх указано относительно фиксированной смещенной рабочей плоскости.




- материал добавляется под фиксированной плоскостью под углом, возникающим при пересечении грани с фиксированной плоскостью



- материал добавляется от выбранных точек опоры фиксированной плоскости

Применение наклона к поверхности, имеющей касательные поверхности, приводит к аналогичным изменениям этих поверхностей. Касательные поверхности изменяются соответственно исходной. Следует обратить внимание, что первое выбранное ребро определяет кривую, которую можно выбрать для наклона. Например, если сначала выбирается линия, то нельзя выбрать ребро с присоединенной касательной.

Чтобы добавить поворот к существующему элементу или единичной поверхности, используется инструмент **Face Draft**, пиктограмма  которого находится на панели инструментов **Features**. После щелчка по пиктограмме этого инструмента открывается одноименное диалоговое окно, в котором необходимо задать направление выемки детали и угол наклона, при этом вершина угла наклона находится на фиксированном ребре существующего конструктивного элемента (и касательных к нему), одном или нескольких смежных ребрах или фиксированной плоскости:

**▼Pull direction** – кнопки задания направления выемки, плоскость/грани или ребра для создания уклона.:



**Fixed Face** - кнопка задания фиксированной плоскости, относительно которой будет создаваться уклон плоскостей/граней. Фиксированная плоскость определяет плоскую грань или рабочую плоскость, от которых осуществляется наклон выбранных граней. При перемещении курсора в графической зоне на экране появляется стрелка, перпендикулярная или параллельная выбранной плоскости. Наклон создается относительно выбранной плоскости



**Flip Direction** – кнопка изменения направления выемки на противоположное. Если выбрать ребро отдельно, то наклон будет выполняться для каждого также отдельно

**○Faces** – кнопка выбора граней или ребер, к которым следует применить наклон. По мере перемещения курсора на гранях в графической области появляются обозначения, указывающие фиксированное ребро и направление наклона. Для указания угла пользователь может щелчком мыши закрепить одно из ребер (верхнее или нижнее) и переместить второе. Повторный щелчок приводит к выбору ребра указанной грани

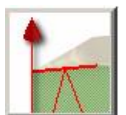
**○Draft angle** – кнопка задания угла наклона. Можно ввести положительное или отрицательное значение угла явно или выбрать метод вычисления из раскрывающегося списка

Алгоритм создания наклона граней детали:

1. Создать элемент, для которого необходимо выполнить наклон граней или ребер

2. Вызвать команду **Face Draft**

3. Выбрать направление выемки или фиксированную плоскость/грань. Поместить курсор над гранью, рабочей плоскостью, ребром или осью таким образом, чтобы появилось изображение вектора в нужном направлении выемки, и щелкнуть мышью. Если необходимо, нажать кнопку смены направления **Flip Direction** для изменения направления выемки на противоположное. При выборе одной грани автоматически выделяются остальные касательные к ней грани, если они существуют



4. Указать грани, к которым применяется наклон. По мере перемещения курсора на гранях в графической области появляются обозначения, указывающие фиксированное ребро и направление наклона. При необходимости, удерживая нажатой клавишу CTRL, можно исключать отдельные грани из набора

5. Если уклон создается для разделенных граней (**Split**), то выбор кромки разделения приводит к выбору всех касательных смежных граней. Кромка разделения в этом случае служит фиксированным ребром



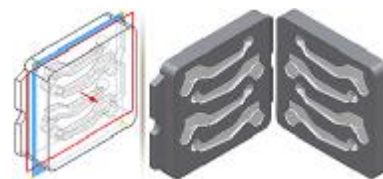
6. Ввести значение угла наклона в текстовое поле **Draft Angle**.

7. Нажать ОК.

## 6.1.6 РАЗДЕЛЕНИЕ ГРАНЕЙ ИЛИ ДЕТАЛЕЙ (SPLIT)

Любое твердое тело может быть разделено на два твердых тела путем рассечения плоскостью или путем сечения твердого тела, причем элементы обоих типов являются эскизируемыми. Для создания таких тел вычерчивается эскиз, с помощью которого грань разбивается на две грани, либо твердое тело разбивается на две детали, одна из которых может быть удалена. При разбиении грани на любой из двух новых граней можно создать уклон, который представляет собой наложенный элемент.

Грани детали на основе линии разреза можно разделить на тела и поверхности, с последующим созданием уклона на отдельные части разделенной поверхности, причем углы наклона могут быть различными. Можно разделить всю деталь рабочей плоскостью или по линии разреза на отдельные тела, что позволяет в дальнейшем удалить одну из частей разделенной детали.



Линия разделения может состоять из отрезков, дуг и сплайнов. Для разделения можно также использовать поверхностные тела.

Для создания разделения грани или детали на две используется команда **Split**, пиктограмма которой находится на панели инструментов **Features**. После вызова команды открывается одноименное диалоговое окно, с помощью опций которого можно разделить грань или всю деталь на части:

**Method** – зона, в которой содержатся две кнопки задания метода разделения:

**Split Part** – кнопка выбора всей детали для разделения с удалением одной из ее частей

**Split Face** – кнопка выбора одной или нескольких граней для разделения на две части

**Split tool** – кнопка выбора рабочей плоскости или линии разделения для разделения граней или детали на две части

**Faces** – зона, в которой содержатся три кнопки задания опций метода разделения грани:

**All** – разделение всех граней. Нажать OK

**Selected** – разделение только выбранных граней. Нажать кнопку **Faces to Split**, указать разделяемые грани и нажать кнопку OK

**Faces to Split** – кнопка указания разделяемых граней.

**Remove** – зона, в которой содержатся кнопки задания опций метода разделения детали. Нужно нажать одну из кнопок группы для выбора удаляемой части. Выбранная часть идентифицируется стрелкой в графической области. После нажатия кнопки OK деталь разделяется с удалением выбранной части

Разрезы поверхности могут быть отредактированы:

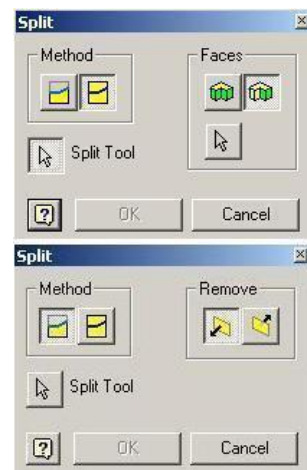
- созданные из существующей планарной поверхности - изменением положения поверхности на детали
- созданные с помощью рабочей плоскости - изменением размеров, управляющих местоположением рабочей плоскости
- созданные по линии разреза - изменением параметрических размеров, которые управляют линией разреза.

Разделение деталей не используется для удаления одной стороны поверхности тела. Команда работает только с твердотельными объектами. Алгоритм разделения детали с удалением одной части

1. Построить деталь.
2. Создать либо разделяющую рабочую плоскость, либо линию разделения на грани детали
3. Щелкнуть по кнопке **Split** на панели инструментов **Feature**
4. Нажать кнопку **Split Part** в одноименном диалоговом окне
5. Нажать кнопку **Split Tool** и указать рабочую плоскость или линию разделения, определяющую плоскость разделения.
6. Нажать одну из кнопок группы **Remove** для выбора удаляемой части детали.
7. Нажать OK.

Алгоритм разделения граней

1. Построить деталь.
2. Создать либо разделяющую рабочую плоскость, либо линию разделения.
3. Щелкнуть по кнопке **Split** на панели инструментов **Feature**





4. Нажать кнопку **Split Face**. Если в шаге 3 в качестве разделяющего элемента была выбрана поверхность тела, то грани, выбранные в шаге 4, должны принадлежать к другому телу
5. Нажать кнопку **Split Tool** и указать рабочую плоскость или линию деления, определяющую плоскость деления.
6. Выбрать одну из опций:
7. нажать кнопку **All** для деления всех граней
8. нажать кнопку **Select** для выбора одной или нескольких разделяемых граней.
9. Нажать ОК

Части разделенных граней образуют новые грани, которые можно по отдельности наклонять командой **Face Draft**.

Полученные в результате деления новые ребра, не могут использоваться ни в каких других операциях, кроме построения наклонных граней. Для возможности их использования в различных операциях построения (например, проецирование ребра, нанесение размера или задание направления массива) необходимо спроецировать исходную геометрию детали на новый или имеющийся эскиз.

По умолчанию команда **Split** удаляет одну из частей разделяемой детали. Пользователь может сохранить удаляемую часть и получить в результате выполнения команды две детали с различными именами. Алгоритм создания двух деталей при разделении:

1. Создать линию деления на грани детали.
2. Выполнить команду **File/Save As** для сохранения детали с линией деления.
3. Выполнить команду **Split**. Выбранная часть детали удаляется.
4. Выполнить команду **File/Save As** для сохранения оставшейся части детали.
5. Открыть файл исходной детали и применить команду **Split** для деления детали, но с удалением другой части.
6. Выполнить команду **File/Save As** для сохранения второй части детали.
7. В результате две части исходной детали сохранены в отдельных файлах.


### 6.1.7 РЕБРА И СТЕРЖНИ (RIB)

Ребра и стержни жесткости часто используются в штампованных и литых деталях. Деталям из пластичных материалов они придают жесткость и предохраняют от деформаций. Применяются:


- ребра жесткости - для получения замкнутых тонкостенных форм
- стержни жесткости - для получения открытых тонкостенных форм
- комбинирование ребер и стержней жесткости – для образования сетки пересекающихся тонкостенных форм


Для создания элемента жесткости необходимо задать поперечное сечение с помощью разомкнутого контура, если контур не пересекает деталь, то его следует удлинить до пересечения с гранью. Ребро жесткости имеет замкнутую, тонкостенную форму, а его контур проецируется на ближайшую грань детали. Стержень жесткости имеет открытую форму, а его контур вытягивается на заданное расстояние, определяемое как протяженность.

Пользователь задает направление, определяющее форму элемента жесткости, и его толщину. Можно задать протяженность создаваемого элемента. Путем выбора нескольких профилей можно создавать сетку ребер жесткости, при этом профили могут пересекаться или не пересекаться. Толщина в этом случае задается сразу для всей сетки.

Вызов команды построения ребер и стержней жесткости **Rib** осуществляется щелчком по одноименной кнопке , расположенной на панели инструментов **Features**. После вызова команды открывается диалоговое окно **Rib**, в котором содержатся опции:

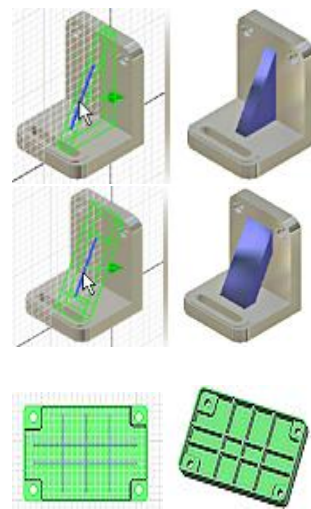
**Shape** – зона, в которой содержатся две кнопки:


 **Profile** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает выбор одного или нескольких контуров на одном эскизе, определяющих форму ребер или стержней жесткости

 **Direction** - кнопка, щелчок по которой обеспечивает задание направления построения ребра или стержня жесткости. Нужно провести курсор по экрану, обозначая направление построения ребра жесткости параллельно или перпендикулярно эскизной геометрии.


**Thickness** – зона, в которой содержатся:


 **Thickness** – текстовое поле, в котором задается толщина ребра или стержня жесткости



 **Flip** – три кнопки задание направления, в котором отмеряется толщина элемента жесткости

**Extents** – зона, в которой содержатся опции задания типа ограничения для элемента жесткости:

 **To Next** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает ограничение построения следующей гранью детали

 **Finite** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает построения заданной протяженностью. При выборе этой опции необходимо ввести значение в текстовое поле

**Extend Profile** – удлинение контура. Если опция включена, то контур удлиняется до пересечения с гранью. В том случае, когда выбранный контур не пересекается с деталью, опция по умолчанию включается. Если необходимо сохранить исходную длину контура, то флажок опции можно сбросить

Алгоритм построения ребер и стержней жесткости

1.С помощью команд зуммирования и поворота модели расположить ее таким образом, чтобы была видна грань детали, на которой будет размещаться ребро жесткости.

2.Указать плоскость построений и выполнить необходимые построения

3.Командами панели инструментов **Sketch** создать разомкнутый контур, определяющий форму ребра жесткости

4.Задать направление построения ребра жесткости, его толщины и протяженности:

4.1.щелкнуть по кнопке **Rib** на панели инструментов **Features** и указать контур, если он не выделился автоматически.

4.2.щелкнуть по кнопке **Direction** для задания направления построения ребра жесткости. Указать направление, перемещая курсор на выбранном контуре. В графической области появляется стрелка, которая указывает направление продолжения ребра жесткости либо параллельно эскизной геометрии, либо перпендикулярно.

4.3.установить или сбросить флажок **Extend Profile**. Если контур не пересекает деталь, то эта опция по умолчанию включена, то есть концы профиля автоматически удлиняются до пересечения с деталью. Если необходимо, сбросить флажок для построения ребра или стержня жесткости заданной длины, определяемой профилем

4.4.в поле **Thickness** ввести значение толщины ребра жесткости. Нажать одну из кнопок **Flip** для задания направления измерения толщины.

5.Нажать одну из кнопок в зоне **Extents** для задания протяженности ребра жесткости:

6.**To Next** - для ограничения построения следующей гранью детали

7.**Finite** - и ввести значение протяженности


### 6.1.8 РЕЗЬБА (THREAD)

Резьба создается в отверстиях или на таких цилиндрических элементах, как валы, шпильки и болты. Задается резьба местоположением, длиной, смещением, направлением, типом, номинальным размером, классом и шагом. На деталях резьба изображается для обеспечения большей наглядности. Типичные примеры использования резьбы:


- резьбовое отверстие в модели детали
- выдавленный цилиндр, например, в виде резьбовой шпильки
- резьбовые поверхности на валах





Значения параметров резьбы в детали используются для пояснений на видах чертежа. На тонированных видах чертежа резьбовые элементы изображаются так же, как и в модели детали.


Резьба в модели выполняется командой **Thread**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Features**. Этой же командой можно создавать резьбу в резьбовых отверстиях, хотя для данного случая предусмотрены еще вкладки **Thread** и **Size** диалогового окна **Hole**. После вызова команды открывается одноименное диалоговое окно, содержащее две вкладки:

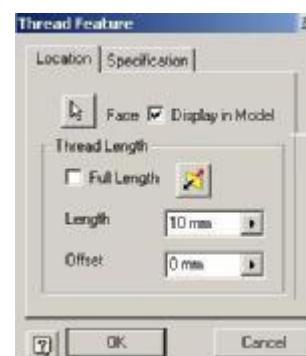
**Location** – вкладка, на которой содержатся опции выбора поверхности вращения и задание длины резьбы

 **Face** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает выбор одной цилиндрической или конической грани

 **Display in Mode** – флажок обеспечивающий визуальное представление резьбы в модели

 **Thread Length** – зона, в которой содержатся опции задания параметров резьбы - ограничения, направления и смещения

 **Full Length** – флажок, установка которого обеспечивает создание резьбы



по всей длине выбранной грани

**\$Flip** – кнопка, щелчок по которой обеспечивает смену направления резьбы на обратное от исходного ребра выбранной грани

**\$Length** – текстовое поле, в котором задается длина резьбы на поверхности вращения. Опция недоступна, если установлен флажок **Full Length**

**\$Offset** – текстовое поле, в котором задается расстояние от исходного ребра грани до начала резьбы. Опция недоступна, если установлен флажок **Full Length**

**\$Specification** – вкладка, на которой содержатся опции задания параметров, определяющих резьбу. Электронная таблица с данными о параметрах резьбы по умолчанию хранится в папке **Program Files\Autodesk\Inventor \Design Data**

**Thread Type** – список, в котором выбирается тип резьбы, определенный в таблице данных

**Nominal Size** – список, в котором выбирается номинальный размер для выбранного типа резьбы

**Pitch** – список, в котором выбирается обозначение резьбы, являющееся комбинацией диаметра и шага резьбы, определяемых текущими типом и диаметром резьбы

**Class** – список, в котором выбирается класс резьбы из списка для заданного диаметра и шага

**Direction** – задание направления резьбы: правая (**Right**) или левая (**Left**). Значение опции отображается только в пояснении к резьбе и не влияет на размер элемента и на его отображение в модели

Алгоритм построения резьбы в отверстиях и на цилиндрических стержнях:

1. Построить элемент выдавливания или вращения, на котором будет создаваться резьба

2. Щелкнуть по кнопке **Thread** на панели инструментов **Features**

3. При необходимости снять флажок **Display in Model** для подавления отображения резьбы на экране

4. Задать длину резьбы. Установить или снять флажок **Full Length**. Ввести значения с клавиатуры или выбрать его из выпадающего списка:

5. В поле **Length** ввести значение длины резьбы

6. В поле **Offset** ввести значение интервала между ребром обрабатываемой грани и началом резьбы

7. В графической области появляется схематичное отображение местоположения резьбы. Переместить курсор на резьбовой грани ближе к тому ребру, откуда должна начинаться резьба

8. Если необходимо, нажать кнопку **Flip** для смены направления резьбы на противоположное

9. Для задания типа резьбы перейти на вкладку **Specification**. Для каждой опции щелкнуть на стрелке-треугольнике для выбора значения из списка:

9.1. в списке **Thread Type** выбрать тип резьбы

9.2. в списке **Nominal Size** выбрать диаметр резьбы

9.3. в списке **Pitch** выбрать комбинацию диаметра и шага резьбы

9.4. в списке **Class** выбрать класс резьбы

9.5. включить опцию **Right** или **Left** для задания направления нарезки резьбы

10. Для завершения нажать кнопку **OK**.



### 6.1.9 ЭЛЕКТРОННАЯ ТАБЛИЦА РЕЗЬБ THREAD

В Inventor встроена электронная таблица стандартных резьб, которая находится в папке **Program Files\Autodesk\Inventor\Design Data**. Таблица содержит описания некоторых стандартных типов резьбы и размеров резьбовых отверстий. Можно задать другую папку для хранения пользовательской таблицы дополнительных типов резьб, для этого следует выполнить команду **Tools/Application Options/File** щелкнуть по кнопке **Browse** около параметра **Work Group Design Data**.

В столбцах электронной таблицы **Thread.xls** указывается параметры резьбы, задаваемой пользователем. Файл таблицы данных можно редактировать, добавляя новые описания резьб:

- создавать и изменять пользовательские обозначения резьб
- создавать и удалять пользовательские размеры резьбы
- создавать и удалять пользовательские типы резьбы (ANSI, ISO, пользовательская и т.д.)

После задания параметров в электронной таблице резьбу можно использовать в среде чертежей. Следует помнить, что данные о типах резьбы в связанной таблице не обладают ассоциативностью, то есть изменения в таблице данных не влияют на уже созданную в модели резьбу.

Основная структура таблицы организована следующим образом:

- каждый лист таблицы (**Sheet**) представляет отдельный тип или стандарт. Нельзя использовать точку в имени листа

	A	B	C	D	E	F	G
7	R 3/8	17,3	11	1.3068	15,8	3,7	0,866
8	R 1/2	21,7	14	1.6143	19,8	5	1,162
9	R 3/4	27,2	14	1.6143	25,3	5	1,162
10	R 1	34	11	2.3091	31,8	6,4	1,479
11	R 1 1/4	42,7	11	2.3091	40,4	6,4	1,479
12	R 1 1/2	48,6	11	2.3091	46,3	6,4	1,479
13	R 2	60,5	11	2.3091	58,1	7,6	1,479
14	R 2 1/2	75,3	11	2.3091	73,7	9,2	1,479
15	R 3	89,1	11	2.3091	86,4	9,2	1,479
16	R 4	115	11	2.3091	112	10,4	1,479
17	R 5	140	11	2.3091	137	11,5	1,479
18	R 6	165	11	2.3091	162	11,5	1,479

- в каждой строке представлена отдельная запись, полностью определяющая резьбу
- в каждом столбце представлены значения отдельного параметра по всем записям
- в ячейке A1 каждого листа хранится определение единицы измерения (дюйм или мм)
- в ячейке B1 каждого листа хранится название типа резьбы
- в ячейке A2 каждого листа хранится способ измерения шага резьбы (шаг или  $t_{pi}$ )

Различия между определениями конической и цилиндрической резьбы имеют структурный характер, поэтому их хранение организуется на разных листах таблицы. Различия формата состоят в следующем:

для цилиндрической резьбы в ячейке A1, определяющей единицу измерения, должно стоять обозначение **inch** (дюйм) или **mm** (мм).

- для цилиндрической резьбы в ячейке A1, определяющей единицу измерения, должно стоять обозначение **inch-taper** (дюймовая, коническая) или **mm-taper** (метрическая коническая)
- цилиндрическая и коническая резьбы различаются набором столбцов, определяющих параметры резьбы.

- конические резьбы создаются только с помощью команды **Thread**

Для добавления или редактирования описаний резьбы и резьбовых отверстий необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

- перед редактированием файла таблицы следует создать резервную копию файла **Thread.xls**
- для создания нового типа резьбы нужно создать копию имеющегося листа в таблице, что позволит получить готовую структуру листа с необходимым набором столбцов. Далее новый лист можно редактировать
- для создания пользовательских размеров резьбового отверстия нужно создать в таблице лист с пользовательскими описаниями. Затем на вкладке **Specification** диалогового окна **Threads** из списка **Thread Type** следует выбрать пользовательский тип
- изменения файла таблицы не влияют на имеющиеся резьбовые элементы и резьбовые отверстия. После изменения и сохранения таблицы, следует выполнить редактирование имеющихся резьбовых конструктивных элементов, присвоив им новые параметры.

Алгоритм создания пользовательского обозначения резьбы:

1. В открыть таблицу (файл ) и перейти на лист таблицы, который нужно изменить.
2. В ячейках столбца с пользовательским обозначением резьбы ввести нужные данные.
3. Новую запись в таблице описания резьбы можно вводить в новой пустой строке. Однако, более надежно копировать имеющиеся строки таблицы, а затем изменять в них значения. Алгоритм добавления нового описания резьбы
4. В открыть таблицу (файл ) и перейти на лист таблицы, который будет редактироваться.
5. Найти область таблицы, куда должна быть вставлена новая запись. Вставить строки для новых данных.
6. Скопировать одну или несколько имеющихся записей и вставить их в новые строки. Это поможет задать новые обозначения в столбце **Thread Designation** с соблюдением определенных требований.

• обозначение резьбы, задаваемой в дюймах, должно содержать после дефиса число впадин на дюйм. Например, обозначение **1-8 UNC** определяет восемь впадин резьбы на дюйм. Обозначение **1\_8 UNC** имеет неверный формат (вместо дефиса использован знак подчеркивания), поэтому резьба будет иметь шаг, установленный по умолчанию.

• в обозначении резьбы, определяемой в метрической системе, шаг должен быть указан после символа  $x$  (например, **M1.60x0.35**). Иначе будет использован шаг резьбы, принятый по умолчанию.

7. Отредактировать скопированные данные в новых строках для создания новых описаний резьбы.
8. Удалить лишние строки и сохранить файл таблицы.
9. Для очистки неиспользуемых размеров резьбы следует удалить соответствующий ряд в электронной таблице. Новые описания резьбы становятся доступными после следующего запуска Inventor .

Для добавления нового типа резьбы необходимо создать новый лист в таблице, затем скопировать данные из имеющегося листа для быстрого создания необходимых столбцов таблицы. Дальнейшее описание нового типа сводится к редактированию данных в ячейках нового листа. Для создания нового типа резьбы рекомендуется копировать имеющийся лист с тем типом резьбы, в котором задана необходимая единица измерения (миллиметры или дюймы). Для создания нового типа не требуется копировать имеющийся лист полностью — достаточно скопировать хотя бы три первые строки листа, определяющие структуру таблицы. В ячейках A1, B1 и в большинстве случаев A2 каждого листа содержится вся необходимая информация для определения серии резьб.

Алгоритм добавления нового типа резьбы (ANSI, ISO, пользовательская)

1. Открыть таблицу (файл **Thread.xls**) в программе Excel и перейти на лист таблицы, который нужно скопировать.



2. Создать новый лист таблицы. Вставить на новый лист данные с имеющегося листа, принятого за основу.
3. Отредактировать данные нового листа для создания нового типа резьбы.
4. Присвоить новому листу имя, определяющее название типа. Затем сохранить файл таблицы.
5. Для очистки неиспользуемых типов резьбы следует удалить соответствующий лист в электронной таблице.

Новые описания резьбы становятся доступными после следующего запуска Inventor .

## 6.2 АДАПТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

На ранних стадиях проектирования изделия некоторые требования, предъявляемые к этому изделию, известны точно, а некоторые могут быть изменены. В этом случае полезно использовать адаптивные детали, которые автоматически подстраиваются в соответствии с внесенными в модель изменениями. Следует помнить, что детали, созданные в других САПР, сделать адаптивными нельзя, так как при импорте автоматически накладываются зависимости, делающие такую деталь полностью определенной.

Для понимания действия инструмента адаптивности можно привести два примера:

- если представить, что можно просто заимствовать контур сопрягаемых поверхностей и создавать прокладки и крышки, которые полностью совпадают с контурами корпуса, если эти контуры меняются, то соответственно меняется и конфигурация сопрягаемых деталей, причем организация таких зависимостей обеспечивается без использования формул, параметров и вспомогательных таблиц.
- проектирование тяги между двумя разнесенными элементами механизма. Что делать, если не известна длина тяги, или если в ходе проектирования поменяется расстояние между элементами механизма? Традиционное решение - параметры, формулы, таблицы вариантов. Autodesk предложил в Inventor инструмент адаптивности. С изменением окружения адаптивная тяга сама изменит свою длину, а при необходимости и диаметр сечения, конфигурацию.

Адаптивная геометрия может изменять свои размеры и положение в зависимости от контекста, в котором эта геометрия используется. Адаптивной может быть недоопределенная геометрия, что позволяет заданным геометрическим элементам изменять свои размеры, в то время как размеры и позиционирование управляющих элементов остаются неизменными. Например, можно создать выдавленный элемент, но оставить недоопределенной глубину выдавливания.

Адаптивные конструктивные элементы способны изменять свои размеры и форму при наложении зависимостей, связывающих недостаточно определенную геометрию с конструктивными элементами в других компонентах изделия. Адаптивность конструктивных элементов задается при редактировании деталей. Деталь, размеры которой способны должным образом изменяться, может быть использована в нескольких изделиях.

Адаптивными могут быть следующие недоопределенные геометрические элементы:

- недоопределенные эскизы
- конструктивные элементы, созданные на основе недоопределенных эскизов
- конструктивные элементы с недоопределенными углами или ограничениями
- заимствованные рабочие элементы
- эскизы, содержащие спроецированную геометрию
- детали, в которых есть адаптивные эскизы или конструктивные элементы
- сборки и под сборки, в которых есть детали с адаптивными эскизами или конструктивными элементами

Как правило, адаптивные модели используются, когда модель задана не полностью, и для детали или узла известно только требуемое положение, а конечные размеры не известны, или когда положение или размер конструктивного элемента зависит от размера или положения конструктивного элемента другой детали изделия.

Задать адаптивность можно следующими способами:

- задать адаптивные параметры детали. Для этого в файле детали (или когда деталь является активной в файле узла) следует выбрать требуемый конструктивный элемент в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Adaptive** из контекстного меню. В диалоговом окне **Properties** задать адаптивность эскиза **Sketch**, параметров **Parameters** или ограничений **From/To Planes**
- сделать все параметры конструктивного элемента адаптивными одновременно. Для этого в файле детали следует выбрать в браузере требуемый конструктивный элемент, щелкнуть правой кнопкой мыши и установить флажок **Adaptive** в контекстном меню
- сделать адаптивной деталь. Для этого в файле сборки (в графической области или в браузере) выбрать деталь или узел, щелкнуть правой кнопкой мыши и установить флажок **Adaptive** в контекстном меню. Если адаптивность детали или сборки не задана, эта деталь или этот узел является твердым телом. Это

означает, что размеры такой детали при наложении зависимостей между этой деталью и другими деталями или узлами изделия не изменяются, несмотря на то, что в детали имеются адаптивные конструктивные элементы.

Для того чтобы адаптивные элементы и детали обновлялись предсказуемо, необходимо:

- использовать только одну зависимость касательности для элемента вращения.
- избегать использования смещений при наложении зависимостей между двумя точками, двумя линиями или точкой и линией.
- избегать зависимостей совмещения между двумя точками, точкой и плоскостью, точкой и линией, линией и плоскостью.
- избегать зависимостей касательности между двумя шарами, шаром и плоскостью, шаром и конусом
- в неадаптивном узле можно накладывать зависимости с использованием исходных рабочих элементов (плоскостей, осей и точки). Однако в адаптивном узле такие зависимости никак не сказываются на позиционировании компонентов.

Если сделать конструктивный элемент адаптивным, все вхождения этого элемента также будут адаптивными. Размеры элемента могут изменяться, если он используется в других деталях, например, как параметрический элемент или элемент массива. Если необходимо сохранить неадаптивную версию элемента, следует сохранить элемент под другим именем.

Для задания адаптивности эскизам и конструктивным элементам следует:

1. Выбрать конструктивный элемент в браузере.
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Adaptive** из контекстного меню.
3. Для фиксирования текущих размеров и формы конструктивного элемента можно щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Adaptive** в контекстном меню.

### 6.3 РЕДАКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Основные свойства конструктивных элементов (адаптивность, подавление и цвет) задаются с помощью диалогового окна **Feature Properties**, открываемого по команде **Properties** контекстного меню элемента в браузере.

**Name** – текстовое поле, в котором содержится название конструктивного элемента. Пользователь может задать новое имя для данного конструктивного элемента

**Suppress** – флажок, установка которого обеспечивает подавление данного конструктивного элемента в браузере и в графическом окне, при этом он не удаляется из модели, позднее можно вновь сделать элемент видимым. После подавления значки конструктивных элементов в браузере перечеркиваются и отображаются другим цветом

**Adaptive** – зона, в которой содержатся опции задания адаптивности конструктивных элементов:

Ø Для элементов выдавливания

\$ **Sketch** – управление адаптивностью эскиза контура

\$ **Parameters** – управление адаптивностью таких параметров конструктивного элемента, как глубина выдавливания и угол вращения

\$ **From/To Planes** – управление адаптивностью поверхностей/плоскостей ограничивающих выдавливание и вращение

Ø Для элементов вращения:

\$ **Sketch** – управление адаптивностью эскиза контура

\$ **Hole depth** – управление адаптивностью глубины отверстия

\$ **Nominal Diameter** - управление адаптивностью номинального диаметра отверстия

\$ **Counterbore/Countersink Diameter** - управление адаптивностью диаметра цековки/зенковки

\$ **Counterbore Depth** - управление адаптивностью глубины цековки

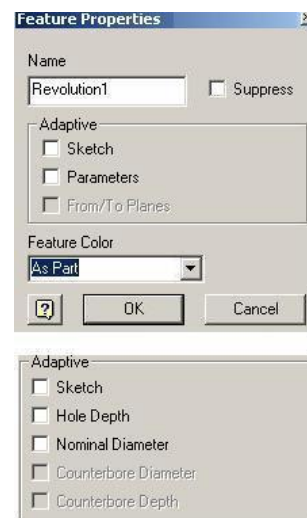
Ø Для элементов натягивания и сдвига адаптивный статус переключается только в контекстном меню

\$ **Feature Color** - раскрывающийся список, из которого выбирается цвет конструктивных элементов

Для наглядности изображения конструктивных элементов могут применяться различные цвета. Например, может оказаться полезным цветовое выделение сопряжений

Алгоритм изменения цвета конструктивного элемента:

1. Создать конструктивный элемент.
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши на конструктивном элементе и выбрать **Properties** из контекстного меню.



3.В диалоговом окне **Feature Properties** раскрыть список **Feature Color**. Выбрать нужный цвет и нажать ОК.

## 6.4 СОЗДАНИЕ НАБОРА ЭЛЕМЕНТОВ/КОМПОНЕНТОВ

При работе с изделием часто требуется создать набор компонентов для выполнения неких стандартных операций таких как, создание массивов или зеркальных отображений, создание видов чертежа или проверка зависимости компонентов, отключение видимости или операций моделирования. Может появиться необходимость выбрать компоненты по размеру, местоположению, отношению к другим компонентам или другим критериям.

Для создания набора элементов/компонентов используется команда **Select** (одноименная кнопка на панели инструментов **Command**), по которой осуществляется выделение и выбор в графической области элементов детали, изделия, схемы или чертежа. Порядок выбора может быть изменен установкой соответствующего режима.

Алгоритм выбора геометрических объектов:




1. Щелчком мыши на символе стрелки справа от кнопки **Select** открыть список и выбрать режим.  
2. В графической области выбрать элемент. Для того, чтобы выбрать несколько элементов, необходимо:

- во время выбора нажать и удерживать клавишу CTRL
- нажать пробел для циклического переключения между доступными вариантами выбора
- если у мыши есть колесико (используемое в качестве средней кнопки), покрутить его для циклического переключения между доступными вариантами выбора
- для того чтобы выделить несколько элементов одновременно, нажать кнопку мыши, и очертить область выбора вокруг них, не отпуская кнопки

3. Если выбран не тот элемент, щелкнуть правой кнопкой мыши, в контекстном меню выбрать пункт **Select Other** и изменить выбор, используя стрелки

4. Для отмены выбора геометрических элементов следует нажать и удерживать клавишу CTRL, и щелчками мыши отменить выбор элементов




При работе с файлами чертежей с помощью команды **Select** можно задать режим выбора, фильтр и создать набор элементов чертежа в видах для работы. Установка режима выбора элементов деталей и изделий в чертеже:

-  **Edge** (выбор ребер) - устанавливает режим выбора ребер деталей
-  **Feature** (выбор элементов) - устанавливает режим выбора конструктивных элементов деталей
-  **Part** (выбор деталей) - устанавливает режим выбора деталей
- **Filters** (фильтры выбора) - выбор фильтра, определяющий доступные для выбора элементы чертежа, которые настраиваются с помощью диалогового окна **Select Filters**. При необходимости смены фильтра отображает их список. Раскрыть список можно щелчком мыши по символу стрелки и выбрать новый фильтр. Щелчком мыши можно установить или снять отметку возможности выбора. При установленной для элемента отметке его выбор в чертеже возможен; в случае снятия отметки выбор элемента невозможен. Выбор соответствующего фильтра применяет условие выбора к текущему чертежу.










- **No Filters** - фильтр, позволяющий выбрать все элементы чертежа
- **Layout** - фильтр, подавляющий выбор всех элементов, кроме видов чертежа
- **Detail** - фильтр, позволяющий выбирать обозначения размеров, осевые линии, маркеры центра, и текст, но подавляющий выбор остальных элементов, таких как эскизные обозначения
- **Custom** - пользовательский фильтр

Для создания набора элементов при работе с файлами деталей

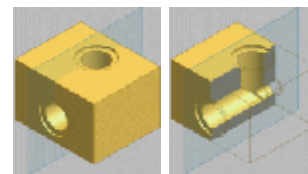
-  **Feature Priority** - установка режима выбора конструктивных элементов деталей. Выделять и выбирать можно конструктивные элементы или отдельные кривые, определяющие их
-  **Face Priority** - установка режима выбора граней детали. Выделять и выбирать можно грани или определяющие их индивидуальные кривые (контуры)
-  **Sketch Priority** - установка режима выбора эскизной геометрии, используемого для создания конструктивных элементов. Выделять и выбирать можно эскизы или определяющие их индивидуальные кривые (контуры).

Для создания набора элементов/компонентов в режиме работы со сборкой необходимо открыть файл сборки, нажать кнопку **Select** и выбрать режим приоритета:

-  **Component Priority** - установка режима выбора завершенных компонентов (компоненты редактируемого изделия первого уровня). Компонентом может быть деталь или узел. Выбрать зависимую деталь или компонент узла невозможно
-  **Leaf Part Priority** - установка режима выбора деталей независимо от того, были ли они добавлены в изделие как одиночная деталь или как компонент узла. Выбрать конструктивные элементы или эскизную геометрию детали невозможно, выбираются детали вместо узлов, элементов, граней или ребер.
-  **Feature Priority** - выбираются конструктивные элементы (включая рабочие элементы) любой детали изделия. Подсвечивать и выбирать можно конструктивные элементы или отдельные кривые, определяющие их
-  **Face Priority** - выбираются грани или ребра любой детали изделия. Подсвечивать и выбирать можно грани или определяющие их индивидуальные кривые (контуры)
-  **Sketch Priority** (выбор эскизных элементов) - режим выбора эскизной геометрии, используемый для создания конструктивных элементов. Подсвечивать и выбирать можно эскизы или определяющие их индивидуальные кривые (контуры)  
Для создания набора элементов/компонентов в режиме работы с файлами сцен и презентаций:
-  **Component Priority** - режим выбора полных компонентов. Компонентом может быть деталь или узел. Выбрать зависимую деталь или компонент узла невозможно
-  **Leaf Part Priority** - режим выбора деталей независимо от того, были ли они добавлены в изделие как одиночная деталь или как компонент узла. Выбрать конструктивные элементы или эскизную геометрию детали невозможно

### 6.5 ПЛОСКОСТЬ ВРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ (SLICE GRAPHICS)

Иногда оказывается так, что плоскость, на которой необходимо строить очередной эскиз, заслонена имеющейся геометрией или находится внутри модели. В этом случае после входа в режим работы с эскизом, можно воспользоваться опцией **Slice Graphics** контекстного меню, и временно разрезать модель, удалив (временно подавить) ту ее часть, которая заслоняет плоскость построений позволяющей часть модели. В качестве секущей плоскости может быть выбрана имеющаяся плоскость или создана рабочая плоскость.



Алгоритм создания временного разреза:

1. Повернуть модель таким образом, чтобы удаляемая часть располагалась на переднем плане.
2. Нажать кнопку **Sketch** и выбрать плоскую грань или рабочую плоскость в качестве плоскости построений. Для активизации имеющегося эскиза дважды щелкнуть в браузере на значке эскиза.
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши и включить опцию **Slice Graphics** в контекстном меню. Модель разрезается плоскостью построений и отображается в виде каркаса.
4. Построить геометрию эскиза с помощью команд панели **Sketch**.
5. Для восстановления модели отключить опцию **Slice Graphics** в контекстном меню или завершить редактирование эскиза нажатием кнопки **Sketch**.

Для восстановления удаленной разрезом части модели следует выполнить одно из действий:

- вызвать контекстное меню и отключить опцию **Slice Graphics**
- завершить редактирование, нажав кнопку **Sketch**
- вызвать команду построения конструктивного элемента.

### 6.6 СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ КОПИЙ ЭЛЕМЕНТОВ

#### 6.6.1 СОЗДАНИЕ КОПИИ ЭЛЕМЕНТОВ

Любой элемент из любой детали может быть скопирован и помещен в активную деталь в текущую плоскость эскиза. Если элемент, который выбирается для копирования, находится в активной детали, то можно указать, что копия будет независимой. Таким образом, может изменяться любой элемент без какого бы то ни было воздействия на другой элемент. Если не будет указано, что копия независима или скопирован элемент из неактивной детали, то любые изменения, сделанные в элементе или копии отобразятся в обоих элементах. Копировать базовые элементы не допускается.

После копирования, на скопированный элемент в детали могут накладываться зависимости, т.е. производиться редактирование эскиза.

Можно использовать следующие методы копирования и вставки конструктивных элементов:



- выделить одиночный конструктивный элемент, скопировать и затем вставить его (установка по умолчанию).
- выделить одиночный конструктивный элемент, скопировать и затем вставить его и зависящие от него конструктивные элементы.
- выделить несколько конструктивных элементов, скопировать и затем вставить их. можно включать в набор и зависящие от них конструктивные элементы.

С помощью буфера обмена Windows можно копировать и вставлять конструктивные элементы в пределах файла детали или между открытыми файлами деталей. Вставка возможна только в среде моделирования деталей. Процесс копирования и вставки подобен созданию и размещению параметрического элемента; различия заключаются в следующем:

- по умолчанию, зависимые конструктивные элементы не копируются. Копируются только явно выбранные конструктивные элементы.
- команда вставки позволяет заодно скопировать зависимые конструктивные элементы.
- Inventor использует для размещения конструктивных элементов недоопределенные ссылки плоскостей.
- в отличие от параметрических элементов, заново скопированные конструктивные элементы полностью независимы.
- при копировании и вставке массивов конструктивных элементов главный конструктивный элемент также вставляется.

Алгоритм копирования и вставки конструктивного элемента

1. Открыть файл детали, содержащий копируемый конструктивный элемент.
2. В браузере выделить один или несколько конструктивных элементов.
3. Выбрать пункт Сору из контекстного меню. Для копирования конструктивного элемента и зависящих от него элементов щелкнуть правой кнопкой на главном конструктивном элементе и выбрать Сору.
4. Открыть файл в который необходимо вставить копию конструктивного элемента.
5. С помощью мыши активизировать окно, в которое необходимо вставить конструктивный элемент.
6. Щелкнуть правой кнопкой мыши в графическом окне и выбрать Paste
7. При перемещении курсора по грани детали появляется образец конструктивного элемента.
8. Щелчком мыши вставить конструктивный элемент на выбранную грань.
9. В диалоговом окне:

- выбрать метод вставки конструктивного элемента (выбранные, зависимые или независимые)
- выбрать метод вставки параметров (независимые или зависимые)
- в списке параметров указать значение каждого именованного параметра.

Например, если параметр определяет угол между конструктивным элементом и гранью, на которой он размещен, ввести значение или повернуть конструктивный элемент с помощью мыши. При перемещении мыши значение угла в диалоговом окне изменяется. Щелчком мыши выбрать значение.


10. Нажать кнопку ОК после присвоения значений всем параметрам.

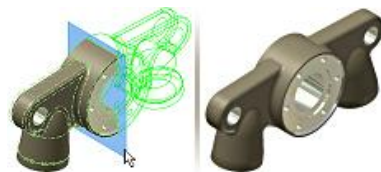
Для указания положения вставляемого конструктивного элемента на грани можно щелкнуть мышью на символе X и перемещать мышью. Для поворота конструктивного элемента динамически или по введенному значению щелкнуть мышью на символе круговой стрелки.

## 6.6.2 СОЗДАНИЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ КОПИИ ЭЛЕМЕНТОВ (MIRROR)

В Inventor имеется возможность зеркально отображать конструктивные элементы для моделирования сложных симметричных структур. Симметричное отображение позволяет сократить время создания модели. Пользователь может строить симметричное отображение отдельных объемных элементов и рабочих элементов, а также тел целиком. Симметричное отображение целых тел позволяет воспроизводить сложные элементы.

Твердотельный элемент, полученный путем зеркального копирования, является наложенным элементом. Для его построения необходимо иметь плоскость зеркального отображения, в качестве которой могут использоваться существующие любая прямолинейная кромка, плоскость, плоскость эскиза, рабочая плоскость или рабочая ось. Зеркальному отображению не могут подлежать элементы, полученные в результате использования пересечения при экструзии.

Команда **Mirror**, пиктограмма  которой расположена на панели **Features** предназначен для создания копий одного или более элементов на заданном расстоянии от плоскости с помощью опций диалогового окна **Mirror Pattern**:



▼ **Features** – кнопка выбора одного/нескольких твердотельных и рабочих элементов для получения их зеркальной копии. При выборе конструктивного элемента автоматически выбираются и все зависимые от него элементы

▼ **Mirror Plane** – кнопка выбора рабочей плоскости или плоской грани в качестве плоскости зеркального отображения

▼ **More** – кнопка открытия дополнительной зоны **Creation Method**, в которой содержатся опции выбора способ создания симметричных объектов:



○ **Identical** – переключатель выбора метода создания идентичного зеркального отображения, без учета пересечения с другими элементами. Элементы, полученные зеркальным отражением по этому методу, вычисляются быстрее, чем созданные с использованием метода **Adjust to Model**. Эта опция удобна для отображения большого числа конструктивных элементов с ограничением рабочей плоскостью

○ **Adjust to Model** – переключатель выбора метода создания зеркального отображения с учетом подгонки по модели (окончания элементов на модельной плоскости). Метод используется для индивидуального программного расчета каждой зеркальной копии, т.к. элементы созданные по этому методу заканчиваются на границах детали, и могут применяться на поверхностях, размеры и форма которых отличаются от исходной. Опция недоступна для листовых материалов, фланцы которых не выходят за пределы ребра. Опция также не доступна при симметричном отображении всего тела целиком

Алгоритм создания зеркальной копии:

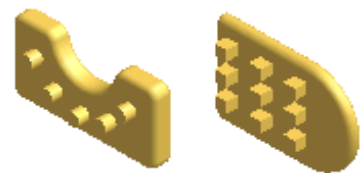
1. Сначала необходимо создать исходные конструктивные элементы.
2. Затем нужно создать рабочую плоскость, относительно которой будет производиться отображение, либо выбрать для этого имеющуюся плоскую грань
3. Щелкнуть по кнопке **Mirror** на панели инструментов **Features**
4. Указать один или несколько фьючерсов, подлежащих зеркальному отображению
5. Указать плоскость, выбранную в качестве плоскости зеркального отображения
6. Если необходимо, то щелкнуть по кнопке **More** для открытия дополнительной зоны, в которой можно выбрать один из способов создания зеркальной копии:

- установить переключатель **Identical** для построения точной симметричной копии без каких-либо ограничений, накладываемых моделью.
- установить переключатель **Adjust to Model** для выбора метода создания зеркального отображения с учетом подгонки по модели (окончания элементов на модельной плоскости).

### 6.6.3 МАССИВЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Для построения упорядоченных структур одиночных элементов или группы элементов можно воспользоваться операцией многократного копирования, создавая массивы. **МАССИВ** – параметрически зависимый набор одинаковых элементов. **МАССИВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** — это прямоугольная или круговая структура, полученная копированием одного элемента или группы элементов. **ЭЛЕМЕНТЫ МАССИВА** – копии элемента, который используется для создания прямоугольных или круговых массивов.

Для создания массива необходима базовая геометрия, которая задает пространственную структуру массива. При изменении геометрии исходного элемента массива – все остальные элементы массива также будут изменены. Элементы могут быть расположены в массиве, сохраняющем свойства родительского отверстия или текстуры, разъемов, меток, или других симметричных структур. Элементы, выбранные для массива, не обязательно должны быть геометрически подобными или соединенными, так как полученные элементы отражают только их расположение.



Массив рабочих элементов может потребоваться при конструировании детали, при концептуальном моделировании или для задания массива, используемого в дальнейшем в качестве компонента изделия. Примеры массивов рабочих элементов:

- деталь, состоящая из размноженных рабочих и твердотельных элементов. Создание массива осуществляется с помощью нескольких рабочих осей, смещенных относительно оси массива отверстий. Поэтому вначале осуществляется моделирование отдельных вхождений отверстий и смещение оси, затем размножение отверстий и осей в одну операцию. Далее с помощью рабочей оси в изделии накладываются требуемые зависимости

- деталь, состоящая из нескольких экземпляров рабочего элемента вдоль траектории эскиза. Осуществляется создание массив рабочих точек вдоль выбранной траектории. Вначале проводится моделирование детали с указанием траектории эскиза и размещением вдоль нее рабочих точек, затем с помощью прямоугольного массива вдоль выбранной траектории создается несколько вхождений рабочих точек. Потом в режиме сборки накладываются зависимости относительно исходной рабочей точки. Далее с помощью ассоциативности создается массив компонентов.

Создавать массивы можно из конструктивных элементов:

- твердотельные элементы деталей (например, элемент выдавливания, фаска отверстия, пазы и т.д.)
- рабочие элементы (например, рабочие плоскости, оси и точки)
- все твердое тело целиком (например, тело, образованное из нескольких твердотельных элементов, группы иных симметрично расположенных элементов)

Пользователь может выбрать линейную грань или рабочую ось для:

- задания оси для кругового подражания
- указания направления для рядов и столбцов в прямоугольном подражании
- указания плоскости отражения

Пользователь может удалить массив элементов эскиза. Алгоритм удаления массивов элементов эскиза

1.Щелкнуть правой кнопкой мыши в браузере. Выбрать **Edit Sketch** из контекстного меню

2.Выбрать удаляемый массив элементов

3.Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать нужный пункт. Набор доступных пунктов зависит от выбранных элементов:

3.1.геометрические элементы, не входящие в массив – пункт **Delete**

3.2.геометрические элементы, входящие в массив - пункт **Delete Pattern** для удаления всего массива. Выбрать **Suppress** для подавления отдельных элементов массива.

3.3.геометрические элементы, входящие/не входящие в массив: выбрать **Delete** для удаления геометрических элементов, не входящих в массив. Далее выбрать **Delete Pattern** для удаления всего массива, или выбрать **Suppress** для замены элементов массива элементами конструктивной геометрии.

При создании массива можно подавить (**Suppress**) отдельные элементы, входящие в массив, не удаляя их из сборки, позволяя массиву обтекать другие элементы или нерегулярные тела, или создавая массив с пропущенными элементами. Это упрощает замену деталей и создание уникальных компонентов изделий. В Inventor нельзя подавить начальные (базовые) элементы массива. Подавленные элементы массива представляются пунктирной линией на эскизе массива. Подавленная геометрия не включается в эскизы. На месте подавленной геометрии можно расположить другую геометрию эскиза.

При необходимости отдельные элементы массива могут подавляться при его создании или редактировании. В диалоговом окне редактирования массива нажать кнопку **Add** и **Suppress**. Выбрать элементы, которые требуется подавить. Геометрия выбранных элементов меняется на конструктивную.

Поскольку массив включает один или более элементов, большие массивы могут потребовать большого времени для обработки, поэтому рекомендуется массивы создавать на последних этапах разработки модели. Для ускорения обработки массивов, рекомендуется при их определении задавать, что все элементы структуры имеют одинаковые основания. Кроме того пересечения с поверхностями, которые определены для различных элементов, можно показывать как идентичные.

Основные рекомендации по созданию массивов:

- рабочие элементы можно выбрать при создании прямоугольного и кругового массивов, а также при создании симметричных компонентов.
- каждый размноженный рабочий элемент представляется в браузере отдельным узлом с уникальным именем, который можно выбирать отдельно.
- рабочие элементы являются первичными элементами массива, поэтому из них можно создавать массивы, даже если зависимые элементы не включены в массив

Для создания массива из эскизных элементов, элементов выдавливания, вращения, протягивания, отверстий и комбинированных элементов на активной детали используются команды **Rectangular Pattern** и **Circular Pattern**.

В массиве элементов эскиза можно изменять интервал между элементами, число элементов и направление массива, метод расчета массива, а также способа построения массива. Также можно удалить связи между элементами массива, но в этом случае геометрия преобразуется в отдельные кривые, и опции редактирования массива становятся недоступными.

Алгоритм редактирования массива:

1.В контекстном меню эскиза в браузере выбрать **Edit Sketch** из контекстного меню

2.Выбрать элемент массива в графической области, и из контекстного меню выбрать пункт **Edit Pattern**

3.При необходимости изменить значения параметров создания массива в диалоговом окне **Pattern**.

4.При необходимости отредактировать размеры массива. Размеры могут вводиться как формулы, имена параметров или точные значения:

4.1.дважды щелкнуть на размере, который требуется изменить

4.2.ввести новое значение в окне **Edit Dimension** и отметить флажком.


5.Нажать ОК. Размеры массива на эскизе меняются на новые значения.

Элементы массивов, включая размеры и геометрические объекты, используемые для задания оси и направлений массива, не могут быть удалены, пока массив является ассоциативным. После удаления всех связей геометрия более не является массивом, а становится просто набором отдельных геометрических элементов. Каждый из них можно редактировать в отдельности. Опции контекстного меню массива на эскизе становятся недоступными.

### 6.6.3.1 Прямоугольный массив (Rectangular Pattern)

**ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ МАССИВ** – набор конструктивных элементов, полученных путем копирования одного или нескольких конструктивных элементов заданное число раз с размещением вхождений в прямоугольной структуре с заданным интервалом. Направление рядов и столбцов может задаваться траекториями — отрезками, дугами, сплайнами или усеченными эллипсами.

Все вхождения элементов в прямоугольном массиве представляют собой единый конструктивный элемент, но каждое из них представлено в браузере отдельным значком в ветви конструктивного элемента (массива). Пользователь может подавить вхождения, все или по отдельности. Это может понадобиться, например, для того, чтобы массив не пересекался с другими конструктивными элементами модели. Для подавления элемента следует щелкнуть правой кнопкой мыши на значке его вхождения в браузере и выбрать **Suppress** из контекстного меню. Подавленные элементы не отображаются в графической области.

Диалоговое окно **Rectangular Pattern** задания опций прямоугольного массива открывается после щелчка по одноименной кнопке  расположенной на панели инструментов **Features**. Диалоговое окно содержит компоненты:

✓ **Features** – кнопка выбора одного/нескольких элементов для создания массива. Чем больше конструктивных элементов выбрано, тем дольше строится массив. Конструктивные элементы завершающей обработки, такие как сопряжения и фаски, могут быть выбраны только вместе с элементами-предками

Ø **Direction 1** – зона, в которой задаются опции создания массива элементов с размещением элементов вдоль направления выбранного ребра, оси или траектории:

§ **Direction** – два переключателя обеспечивающие задание направления создания массива элементов:

- левая кнопка – в положительном направлении оси/кромки Направление определяется от выбранной точки. В качестве траектории можно использовать 2D или 3D отрезок, дугу, сплайн, усеченный эллипс или ребро. Контур траектории может быть открытым или замкнутым Изменение траектории влияет на длину массива и расстояние между его элементами

- правая кнопка (**Flip**) – в отрицательном направлении оси/кромки (кнопка изменения направления построения столбцов)

§ **Count** – текстовое поле, в котором задается число вхождений исходного конструктивного элемента в массиве. Вхождения могут располагаться в столбцах или рядах массива. Числовое значение должно быть больше нуля

§ **Spacing** – поле, в котором задается расстояние между элементами массива или длина массива в направлении 1. Значение расстояния между элементами должно быть положительным

✓ **Direction 2** – зона, в которой задаются опции массива для создания элементов в другом направлении. Направление может быть задано по кромке или по оси. Действие опций, содержащихся в данной зоне, аналогично описанным выше

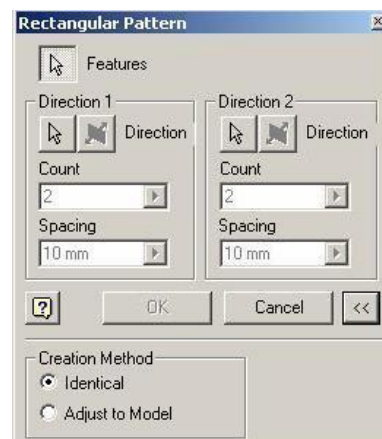
✓ **More button** – дополнительная зона, в которой содержатся два переключателя определяющих метод создания массива. Элементы массива могут иметь одинаковые или разные размеры. В первом случае массив строится быстрее. Если же элементы массива имеют разные размеры, то построение занимает больше времени, которое тратится на расчеты при построении каждого вхождения:

Ø **Identical** – элементы массива имеют одинаковые свойства (ограничения и размеры). Эта опция удобна для построения массива с большим числом вхождений, когда исходный конструктивный элемент ограничен заданной длиной или рабочей плоскостью, т.к. задание такого метода обеспечивает быстрое определение геометрии массива

Ø **Adjust to Model** – метод задания различной геометрии для элементов массива. Производится создание массива с выполнением расчетов при построении каждого вхождения с учетом ограничения пересекающей его гранью. По умолчанию эта опция включена. Для построения большого массива может потребоваться много времени. Этой опцией следует пользоваться, если конструктивные элементы в массиве не должны заходить за грани модели

Алгоритм создания прямоугольного массива

1. Щелкнуть по кнопке  **Rectangular Pattern**





2. Щелкнуть в графическом окне для выбора элементов для размещения их в массиве.

3. Щелкнуть по левой кнопке в зоне **Direction 1**, затем в графической зоне указать направление создания столбцов массива. При необходимости щелкнуть по правой кнопке **Flip** для изменения направления создания столбцов

4. В текстовом поле **Count** ввести количество элементов в столбце

5. В текстовом поле **Spacing** ввести величину шага между элементами столбца

6. Если массиве будет иметь строчки, то щелкнуть по левой кнопке в зоне **Direction 2**, и повторить действия по п.п. 3-5

7. В дополнительной зоне **More** задать опции создания массива:


- в котором элементы имеют одинаковые свойства установить переключатель **Identical**
- с выполнением расчетов при построении каждого вхождения с учетом ограничения пересекающей его гранью установить переключатель **Adjust to Model**

Массив, созданный с использованием метода **Identical** вычисляется быстрее, чем созданный с использованием метода **Adjust to Model**. Рекомендуется применять метод **Adjust to Model** завершения массива, если он расположен на плоской поверхности, и состоит из элементов, форма и размер которого отличается от оригинала.

### 6.6.3.2 Круговой массив (Circular Pattern)

**КРУГОВОЙ МАССИВ** - копирование одного или нескольких конструктивных элементов заданное число раз с размещением вхождений с заданным интервалом вдоль дуги или по окружности. Все вхождения элементов в массиве представляют собой единый конструктивный элемент, но каждое из них представлено в браузере отдельным значком в ветви конструктивного элемента (массива). Пользователь может подавить вхождения, все или по отдельности (кроме базового). Это может понадобиться, например, для того, чтобы массив не пересекался с другими конструктивными элементами модели. Для подавления элемента следует щелкнуть правой кнопкой мыши на значке его вхождения в браузере и выбрать **Suppress** из контекстного меню. Подавленные элементы не отображаются в графической области

Прежде чем приступить к построению кругового массива, необходимо задать на чертеже активную плоскость, на которой будет располагаться массив, и определить рабочую ось или кромку цилиндрической поверхности. Для создания кругового массива, необходимо знать расположение центра массива, число копий и угол заполнения.

Диалоговое окно **Circular Pattern** задания опций кругового массива открывается после щелчка по одноименной кнопке  расположенной на панели инструментов **Features**. Диалоговое окно содержит компоненты:

**✓Features** – кнопка выбора одного или нескольких элементов (базовых) для создания массива. Чем больше конструктивных элементов выбрано, тем дольше строится массив. Конструктивные элементы завершающей обработки, такие как сопряжения и фаски, могут быть выбраны только вместе со своими элементами-предками

**✓Rotation Axis** – кнопка задания центра кругового массива. Ось может находиться в другой плоскости по отношению к базовым элементам

**✓Placement** – зона, в которой задается число элементов в массиве, угол заполнения и направление их образования

**ØCount** – текстовое поле для задания числа элементов в массиве

**ØAngle** - текстовое поле для задания угла между вхождениями или угол, занимаемый всем массивом, в зависимости от текущего метода задания угла. При выборе опции **Incremental** включается режим задания угла между элементами массива, не учитывающий размер элементов. При выборе опции **Fitted** включается режим задания угла между элементами массива, учитывающий размер самих элементов

**ØFlip** – кнопка изменения направления создания массива

**✓More button** – дополнительная зона, в которой содержатся 2 зоны содержащих опции определяющие метод создания вхождений и задания угла:

**ØCreation Method -**

**§Identical** – элементы массива имеют одинаковые свойства (ограничения и размеры), независимо от пересечений каждого вхождения с другими конструктивными элементами. Эта опция удобна для построения массива с большим числом вхождений, когда исходный конструктивный элемент ограничен заданной длиной или рабочей плоскостью. Задание такого метода обеспечивает быстрое определение геометрии массива

**§Adjust to Model** – метод задания различной геометрии для элементов массива



**Positioning Method** – зона, в которой содержатся две опции, определяющие позиционирование элементов в массиве:

**Incremental** – задание угла между вхождением элементов. При этом методе пользователь указывает число вхождений элементов в массив и угол между ними. Число вхождений не влияет на интервал между смежными вхождениями в массиве. Полный угол, занимаемый массивом, рассчитывается автоматически

**Fitted** – задается угол заполнения и число элементов массива, которые должны входить в этот угол. Угол между смежными вхождениями элементов зависит от их общего количества. Расстояние между элементами рассчитывается автоматически. Этот метод задания угла обычно наиболее удобен, так как при его использовании модель можно редактировать, не нарушая ее симметрии.

Для создания массива, в котором элементы имеют одинаковые свойства установить переключатель **Identical**

Для создания массива с выполнением расчетов при построении каждого вхождения с учетом ограничения пересекающей его гранью установить переключатель **Adjust to Model**

Алгоритм создания кругового массива:

1.Щелкнуть по кнопке **Circular Pattern**.

2.Выберите элемент для размещения в последовательности.

3.Щелкнуть по оси (точка основания угла) вокруг которой выбранные элементы будут повторяться. Эта ось может быть в другой плоскости, чем элементы, включаемые в последовательность.

4.В текстовом поле **Count**. Ввести количество элементов в последовательности.

5.В текстовом поле **Angle** ввести угол, как указано ниже:

- для типа размещения **Incremental** угол определяет шаг между элементами.
- для типа размещения **Fitted**, угол задает общую область размещения входящих элементов.

6.Щелкнуть по кнопке **Flip** для переключения направления последовательности, если необходимо.

7.Если нужно, щелкнуть по кнопке **More** для указания следующих опций:

- в зоне **Creation Method** установить переключатель **Identical** для создания идентичных элементов или установить переключатель **Adjust to Model** для обрезки последовательности в тех местах, где элементы вхождения выходят за границы детали

- в зоне **Positioning Method** установить переключатель **Incremental** для размещения элементов вхождения на заданном угле или установить переключатель **Fitted** для размещения элементов вхождения без задания угла.

8.Щелкнуть по кнопке ОК.

Массивы, созданные с использованием метода **Identical** рассчитываются быстрее, чем созданные методом **Adjust to Model**. При использовании метода **Adjust to Model** массив заканчивается, если он выходит за границы плоской поверхности, и может существовать на плоскости, форма и размеры которой отличаются от оригинальной.

### 6.6.4 ПРОИЗВОДНЫЕ ДЕТАЛИ И УЗЛЫ (DERIVED COMPONENT)

**ПРОИЗВОДНАЯ ДЕТАЛЬ** — это новый компонент, для создания которого используется готовая деталь или узел - все элементы, входящие в состав производной детали происходят из файла детали-прототипа. Производный компонент в новом файле становится базовым компонентом, к которому можно добавлять/удалять конструктивные элементы, видимые эскизы, рабочие элементы, поверхности, параметры и конструктивные ограничения iMate для включения/исключения из полученной производной детали. Эскизы, не используемые и не поглощенные конструктивными элементами, включаются в базовый элемент.

Производные детали можно использовать для быстрого получения различных модификаций проектируемого изделия, а также для оценки различных вариантов процесса производства. Например:

- обработка литейной заготовки несколькими способами.
- моделирование трубы различной длины.
- конфигурирование сварной конструкции в различных вариантах, включая вырезы и отверстия в детали.
- создание новой детали определенной формы путем объединения деталей и узлов или логического вычитания одних компонентов из других.
- выделение детали из изделия путем анализа исходного элемента.
- получение одной или нескольких деталей из детали, которая состоит только из рабочих элементов и эскизной геометрии. В изделии производные компоненты могут использоваться в качестве начальной схемы расположения для проектирования контура изделия. Изменения исходного компонента автоматически вносятся в производные компоненты при выполнении обновления.
- использование производной поверхности твердого тела в качестве схемы расположения или для описания габаритов деталей в изделии.

- получение параметров детали для использования в новой детали.

Производные детали позволяют легко выполнять такие операции, как создание вырезов в сварной конструкции, проходящих через несколько деталей. Поскольку производная деталь является единым телом, ее можно дополнять любыми конструктивными элементами.

После выбора исходной детали или изделия пользователь может выбрать элементы геометрии, включаемые или исключаемые из производной детали. Допускается использование эскизов и деталей изделий в качестве базовых компонентов. Таким образом, из одной детали или узла, путем комбинирования эскизов и конструктивных элементов исходной детали или деталей исходного узла, можно получить различные производные детали. Производный узел, полученный из исходного узла, представляется в таблице составных частей одной позицией.

Особенности создания и модификации производных деталей:

- при создании производной детали все конструктивные элементы исходной детали объединяются в один элемент браузера. Выбирая для включения отдельные эскизы, рабочие элементы и параметры исходной детали, можно определять отдельные конструктивные элементы новой детали

- при модификациях производной детали или добавлении к ней новых элементов исходная деталь не изменяется


- для редактирования свойств производной детали необходимо изменить файл детали-прототипа. При внесении изменений в прототип аналогичные изменения появятся в производной детали, если между новой деталью и ее прототипом была создана связь (**Link**). Изменения, внесенные в исходную деталь или узел, отражаются на производном компоненте после выполнения команды **Update**. Если производный компонент требует обновления, то в браузере он помечается значком в виде красной молнии. Организация статусной проверки компонентов при открытии файла изделия позволяет выполнять автоматическое обновление всех производных деталей и узлов при его обновлении. Если обновление производной детали по детали-прототипу в дальнейшем не потребуется, связь между исходной и производной деталью можно разорвать. После разрыва связи производный компонент становится обычным компонентом изделия, все изменения которого сохраняются только в текущем файле

- редактирование производного компонента осуществляется с помощью команды контекстного меню в браузере **Edit Derived Feature** в режиме детали или **Edit Derived Assembly** в режиме сборки. Эти команды можно использовать для изменения параметров, определенных ранее при создании исходной детали или узла, причем внесенные изменения автоматически отражаются на текущем файле.


- производная деталь может быть масштабирована, а также симметрично отображена относительно любой координатной плоскости базовой детали. Производная деталь, находящаяся в сборке, не может быть отмасштабирована или зеркально отражена.


- к производным деталям, созданным на основе сборок, могут быть добавлены конструктивные элементы. Этот подход может оказаться полезным при создании сварного изделия и построении отверстий, расположенных на одной или более деталей, входящих в состав производной детали


- если пользователь выбрал группу примитивов, таких как поверхности, для включения в производную деталь, то все видимые поверхности, которые были позже добавлены к базовой детали, после обновления будут производными.

Для создания производной детали необходимо выйти из режима эскиза и щелкнуть по кнопке  **Derived Component** на панели инструментов **Feature** и указать файл, в котором содержится деталь-прототип. В открывшемся диалоговом окне **Derived Part** содержатся опции:

**Click to change** – информационная строка о статусе включения или исключения выбранных объектов для производной детали

 - выбор элемента для включения в производную деталь

 - исключение выбранных элементов из производной детали. Элементы, имеющий этот символ, игнорируются при обновлении в изменяемой детали/ Геометрия, отмеченная этим значком, при обновлении производной детали игнорируется, то есть ее изменения не влияют на производную деталь

 - символ того, что указанные элементы имеют разные (и включение и исключение) значение. Так обозначается объект, в котором содержатся подчиненные элементы с разными статусами

**Symbols** – окно, в котором приведены в иерархическом порядке элементы (с их статусом), которые могут быть включены/исключены в создаваемую производную деталь. Изменение статуса производится путем циклического перебора возможных значений

**Solid Body** - тело производной детали выступает в качестве твердотельного объекта

**Body as Work Surface** - тело производной детали выступает в качестве поверхности



**ØSketches** - все непоглощенные эскизы исходной детали включаются в производную и могут использоваться в дальнейшем для создания новой геометрии

**ØWork Geometry** - все рабочие элементы исходной детали включаются в производную и могут использоваться в дальнейшем для создания новой геометрии

**ØSurfaces** - все имеющиеся поверхности исходной детали включаются в производную

**ØExported Parameters** - все параметры исходной детали могут использоваться в файле новой детали

**ØiMates** – включение любых конструктивных ограничений **iMates** определенных в исходной детали

**✓Scale factor** – задание масштабного коэффициента. Величина коэффициента по умолчанию 1.0. Однако пользователь может задать любое положительное число. Стрелка-треугольник рядом с полем раскрывает список ранее введенных значений

**✓Mirror part** – включенная опция обеспечивает получение производной детали для создания зеркальной копии исходной. Пользователь может в качестве плоскости отражения использовать мировые плоскости (XY, XZ, YZ), выбранные из перечня

В любой момент пользователь может разорвать связь между деталью-прототипом и производной деталью. Для этого необходимо правой кнопкой мыши щелкнуть в браузере по пиктограмме производной детали и в появившемся контекстном меню выбрать команду **Break Link**.

Основные рекомендации, которыми следует руководствоваться при создании и использовании производных компонентов:

- файл детали или изделия:
  - для того чтобы включить производный компонент как твердое тело, файл детали не должен содержать ни одного объемного конструктивного элемента. Файл новой детали может содержать только элементы геометрии эскиза и рабочие элементы.
  - две или более производные детали могут быть созданы на основе одинаковых или различных базовых элементов. На основе твердого тела может быть создана только одна деталь.
  - для создания новой детали можно использовать только видимые, непоглощенные и доступные элементы геометрии эскиза.
  - для создания новой детали можно использовать только видимые рабочие элементы и/или видимые поверхности.
  - для вычитания в новой детали можно выбрать параметры.
- производные поверхности могут использоваться как рабочие поверхности для задания плоскостей построений, а также в качестве рабочей геометрии и логических ограничителей (например, при выдавливании до поверхности). Кроме того, производные поверхности используются с целью описания габаритов деталей для анализа их взаимного расположения. Для создания производной поверхности вместо твердого тела необходимо включить опцию **Solid Body** в диалоговом окне **Derived Component**
- если при создании производного компонента в диалоговом окне **Derived Component** включить опцию **Exported Parameters**, то все помеченные для экспорта параметры исходного компонента включаются в новый компонент и могут использоваться в дальнейшем для создания новой геометрии.

Для выбора экспортируемых параметров следует открыть диалоговое окно **Parameters** и включить флажки, расположенные справа от параметров для экспорта. Пользователь определяет экспортируемые в производный узел параметры. Параметры всех компонентов основного изделия можно не только выбирать, но и экспортировать.

В диалоговом окне **Parameters** новой производной детали экспортированные параметры сгруппированы в специальной папке. В папке параметров указаны путь и имя файла основного тела. Возникают ситуации, когда есть несколько параметров с одинаковыми именами, в этом случае к каждому имени будет прибавляться цифра.

Алгоритм создания производной детали из другой детали:

1. Создать новый файл детали
2. Щелкнуть по кнопке **Return** на панели инструментов для выхода из режима работы с эскизом
3. Нажать кнопку **Derived Component** на панели инструментов **Features**
4. В диалоговом окне **Open** найти файл детали (.ipt) для использования его в качестве базового компонента. Затем нажать кнопку **Open**.
5. В открывшемся диалоговом окне **Derived Component**, отображающем иерархию элементов модели можно изменить статус отдельных элементов модели, последовательно щелкая на них мышью:
  - включить элемент в производную деталь
  - исключить элемент из исходной детали. Элементы, отмеченные таким значком, игнорируются при обновлении производной детали
6. Если необходимо, изменить текущее значение масштабного коэффициента (1.0) на любое положительное значение.




7. Если необходимо, включить флажок **Mirror** для создания производной детали. Затем раскрыть список и выбрать одну из плоскостей координат в качестве плоскости симметрии.


8. Нажать ОК


9. После того, как производная деталь размещена в изделии, для регенерации детали следует использовать команду **Update**.


Если для включения в производную деталь выбрать группу объектов, например, поверхностей, то в дальнейшем любые видимые поверхности, добавляемые в базовую деталь, будут становиться производными при очередном обновлении.

Производная подборка – это подборка, базовым элементом которого является сборка Inventor. Путем комбинирования деталей и сборок одного изделия можно создавать различные производные подборы. При этом могут сохраняться швы между смежными плоскими гранями. Если производная подборка создается на основе детали, находящейся в сборке, то после щелчка по кнопке **Derived Component** необходимо выбрать файл сборки (файл с расширением .iam). В открывшемся диалоговом окне **Derived Assembly** содержатся компоненты, аналогичные компонентам диалогового окна **Derived Part**. Однако имеются следующие особенности:

-  - включение выбранных компонентов в производный узел. Если этот значок стоит на верхнем уровне иерархии (уровень изделия) или на уровне узла, то после обновления все содержимое этого изделия или узла включается в производный компонент

-  - логическое вычитание выбранного компонента из производного узла. Если этот значок стоит на уровне узла, то после обновления все содержимое этого узла вычитается из производного компонента. Таким образом, можно построить и взаимно расположить в одном изделии две отдельные детали, а затем создать одну новую деталь как результат логического вычитания одной исходной детали из другой. Если этот вычитаемый элемент пересекается с деталью, то образуется пустота.

-  - исключение выбранного компонента из производного узла. Компоненты, отмеченные этим значком, при обновлении производного узла игнорируются, то есть их геометрия не обрабатывается

-  - компонент, в котором содержатся подчиненные элементы с разными статусами. Если верхний уровень иерархии имеет смешанный статус, то компоненты, стоящие в браузере ниже производного узла, после обновления игнорируются. Пример смешанного статуса — одна деталь вычитается, вторая исключается из производного узла

- **Keep seams between planar faces** – флажок, установка которого обеспечивает сохранение швов между совпадающими плоскими гранями. Для объединения таких граней опцию следует отключить

Для включения всех деталей исходного изделия в производную подборку следует нажать ОК после выбора исходного файла. Для создания производной сборки можно выбрать одну или несколько деталей исходного изделия, таким образом, из компонентов одного изделия можно получить несколько производных узлов.

В производные детали можно экспортировать пользовательские свойства:



ЭЛЕМЕНТЫ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ПРОИЗВОДНЫМИ	ЭЛЕМЕНТЫ, КОТОРЫЕ НЕ МОГУТ БЫТЬ ПРОИЗВОДНЫМИ
Совместно используемые или незавершенные эскизы	Эскизы, поглощенные другими элементами
Видимая, не вспомогательная рабочая геометрия	Невидимые эскизы или рабочая геометрия
Видимые поверхности	Конструктивные пары

Алгоритм создания производной под сборки из другой сборки:

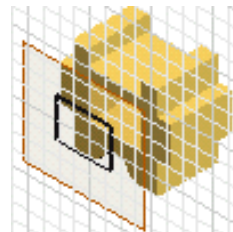
1. Создать новый файл детали
2. Щелкнуть по кнопке **Return** на панели инструментов для выхода из режима работы с эскизом
3. Нажать кнопку **Derived Component** на панели инструментов **Features**
4. В диалоговом окне **Open** найти файл сборки (.iam) для использования его в качестве базового компонента. Затем нажать кнопку **Open**.
5. В открывшемся диалоговом окне **Derived Assembly**, отображающем иерархию компонентов сборки можно изменить статус отдельных компонентов, последовательно щелкая на них мышью:
  - включить элемент в производную подборку
  - исключить элемент из исходной сборки. Элементы, отмеченные таким значком, игнорируются при обновлении производной детали
  - произвести логическое вычитание компонента из производного узла. Пересечение вычитаемого компонента с другой деталью образует полость
6. Если необходимо включить опцию сохранения швов между смежными плоскими гранями.
7. Нажать ОК

8. После того, как производная деталь размещена в изделии, для регенерации детали следует использовать команду **Update**.

Любой компонент, добавляемый позднее в под сборку, который выбран для включения или вычитания, автоматически обновляется при очередном обновлении производной под сборки. После того, как производная деталь размещена в изделии, для регенерации отдельной детали следует использовать команду **Update**.

### 6.6.5 СОЗДАНИЕ КОПИЙ ПРОЕЦИРОВАНИЕМ (PROJECT GEOMETRY)

Создание и редактирование рабочих элементов или трехмерных граней в эскизе невозможно. Однако пользователь может выполнить проецирование объектов модели (ребер и вершин), контуров, рабочих элементов или объектов другого эскиза на рабочую плоскость, плоскость эскиза или трехмерную плоскость с помощью команды **Project**. При проектировании профилированных объектов с размерами проектируются только сами объекты, а размеры не проектируются. Для наложения зависимостей на другие эскизные элементы или непосредственно в качестве контура или траектории применяется заимствованная геометрия.



**ЗАИМСТВОВАННАЯ ГЕОМЕТРИЯ** — это эскизные кривые и точки, полученные путем проецирования ребер или вершин модели, а также геометрии других эскизов. Заимствованная геометрия связана со своей исходной геометрией, то есть является ассоциативной. Заимствованную геометрию можно включать в эскизы контуров и траекторий. Кроме того, к заимствованной геометрии можно привязывать другие элементы эскиза. Например, можно использовать заимствованное ребро в качестве одного из сегментов контура или ограничивающей кривой для обрезки или удлинения другой кривой эскиза.

Заимствованную геометрию можно создавать двумя способами:

- созданием нового эскиза на имеющейся плоской грани модели. В этом случае ребра грани автоматически заимствуются эскизом
- использованием команды **Project Geometry**, с помощью которой на активную плоскость построений можно проецировать ребра и вершины модели, контуры, рабочие элементы, объекты другого эскиза, точки и кривые видимых эскизов.

Обычная геометрия отличается от заимствованной геометрии тем, что:

- обычные кривые и точки не имеют связей с другими конструктивными элементами, если не наложить на них зависимости
- заимствованная геометрия всегда остается в ассоциативной связи с исходной геометрией на протяжении всего процесса редактирования
- заимствованную геометрию можно выбирать, но нельзя редактировать. К примеру, она не может участвовать в построении касательных объектов путем перетаскивания. Обычные кривые можно редактировать
- заимствованную геометрию, полученную командой проецирования, можно удалять. Ребра модели, автоматически спроецированные при создании эскиза на плоской грани, удалить невозможно. Обычную же геометрию удалять можно в любом случае

Заимствованная геометрия каждый раз обновляется при изменении ее исходной геометрии. Таким образом, геометрия и ее проекция на плоскость построений всегда соответствуют друг другу. Например:

- вершины или ребра, добавляемые в исходный конструктивный элемент, добавляются и к заимствованной геометрии
- отрезки, разделяемые/соединяемые в исходном элементе, в заимствованной геометрии ведут себя как один отрезок
- изменение угла наклона грани или глубины выдавливания исходного элемента вызывает соответствующее изменение местоположения заимствованной геометрии
- при обрезке ребра исходного элемента происходит изменение длины его отрезка-проекции
- если удалить исходный проецируемый элемент, то заимствованная геометрия теряет ассоциативность и преобразовывается в обычную фиксированную геометрию эскиза. При этом имеющиеся в эскизе зависимости и размеры сохраняются.

Положение спроецированной геометрии на эскизе фиксировано относительно геометрии ее исходного эскиза. В свою очередь, создаваемые пользователем объекты могут связываться со спроецированной геометрией размерами и зависимостями. Спроецированную геометрию можно использовать в контурах эскизов или траекториях, а также при создании новых деталей. Спроецированный элемент геометрии является ассоциативным — он обновляется при изменении исходной геометрии.

В результате проецирования образуются новые ребра, вершины и контуры. Они будут изменены при изменении исходных объектов. При необходимости можно установить стиль **Normal** для элементов спрое-


цированной геометрии. Стил можно выбрать из списка, расположенного на стандартной панели инструментов. Однако, если этот стил будет установлен, автоматическое обновление элементов спроецированной геометрии при изменении исходных объектов не производится. Становится возможным редактирование элементов спроецированной геометрии независимо от исходных объектов.


Спроецированные геометрические элементы зафиксированы в эскизе, где они были созданы, но пользователь может выбрать элементы эскиза для проецирования. Спроецированная геометрия может использоваться для:


- проецирование силуэта деталей на плоскость построений для создания эскиза контура.
- проецирование центра на плоскость построения эскиза для наложения зависимости между эскизом и началом системы координат.
- проецирование эскиза конструктивного элемента на плоскость построений для его использования как контура или траектории для нового конструктивного элемента.
- проецирование ребер детали в разрезе изделия для их использования как контура или траектории для нового конструктивного элемента.
- проецирование ребер, контуров и граней компонента на плоскость построения эскиза детали, создаваемой по месту. Спроецированная геометрия будет ассоциативной по отношению к исходной детали.
- построение на чертеже замкнутых областей на основе спроецированных ребер. Пользователь может заштриховать такие области или использовать в них заливку.

• проецирование ребер для создания контура местного разреза.

Существуют следующие способы проецирования геометрии:

• проецирование ребер выполняется по команде **Project Geometry**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Sketch**. Следует указать ребро или кривую и выполнить проецирование на текущую плоскость построения эскиза

• проецирование контуров выполняется по команде **Project Geometry**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Sketch**. Следует указать, контур или грань. При выборе контура можно вначале выбрать ребро, а затем контур с помощью команды **Other**. При выборе грани будут спроецированы все расположенные на ней контуры. Значки контуров будут вложены в значок эскиза в браузере

• проецирование ребер деталей выполняется по команде **Project Cut Edges**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Sketch**. Команда используется при создании новой детали в сборке. Для этого выполняется разрез плоскостью построений и выбирается имеющаяся деталь, пересекающая секущую плоскость. Ребра, образованные в результате разреза детали, проецируются на плоскость построений. Это происходит, только если не рассеченная деталь пересекает плоскость построений. Спроектированные геометрические элементы являются ассоциативным — они обновляется при изменении детали


Проецирование ребер возможно и в среде работы с деталями. Однако если плоскость построения эскиза пересекает любое тело, то его ребра не проецируются

• проецирование ребер на эскизы в чертежах. Следует выбирать ребра на одном из видов чертежа. Ребра проецируются на связанный с видом эскиз. После проецирования полученные линии и дуги можно редактировать наряду с остальными элементами геометрии. Спроецированные ребра являются ассоциативными по отношению к исходным элементам геометрии

Для проецирования ранее созданных ребер модели, 2D геометрических элементов и импортированных в 3D-эскиз каркасов IGES служит команда **Include Geometry**, пиктограмма которой расположена на панели инструментов **3D Sketch**. Заимствованная геометрия преобразовывается в 3D геометрию и может использоваться при построении эскиза траектории сдвига. Новые элементы остаются ассоциативными и обновляются при изменении исходных 2D элементов.

Размер и позиция спроецированных элементов зафиксирована относительно исходного эскиза. Пользователь может связать эскизный элемент со спроецированными элементами. Спроецированные элементы будут перемещаться/изменяться, при перемещении/изменении их исходных элементов. Эскизные элементы, которые были связаны со спроецированными элементами, также будут перемещаться или изменяться.

Алгоритм проецирования элементов:

- 1.Щелкнуть по кнопке **Sketch**
  - 2.Щелкнуть по плоской грани или рабочей плоскости для установки плоскости эскиза.
  - 3.Щелкнуть по кнопке  **Project Geometry**
  - 4.Щелкнуть по элементу, который требуется спроектировать на плоскость эскиза.
  - 5.Продолжать выбор элементов при необходимости.
  - 6.Для окончания процесса проецирования следует нажать клавишу ESC или любую другую клавишу.
- Для редактирования рабочих элементов проецированием на эскиз:
- 1.Создать рабочие элементы, если требуется.

2. Для создания эскиза выбрать команду **Sketch**, щелкнуть на плоскости или грани, на которой будет расположена плоскость эскиза. Для редактирования эскиза дважды щелкнуть на его элементе браузера.

3. Запустить команду проецирования, затем указать проецируемые рабочие элементы.

4. Создать элементы геометрии эскиза, при необходимости выбирая спроецированные рабочие элементы.

Проецированная рабочая геометрия связана с исходным рабочим элементом. Для изменения этой геометрии необходимо сначала разорвать эту связь путем смены заимствованных линий на обычные.

1. Выбрать проецированную геометрию.

2. На панели команд из раскрывающегося списка **Style** выбрать стиль **Normal**

3. Щелкнуть по конструктивному элементу правой кнопкой мыши и выбрать **Unlink**. При этом элемент перестанет быть ассоциативным

4. Пользователь может удалить спроецированные элементы геометрии без изменения их стиля.

При проецировании сплайнов, построенных в среде конструирования, в среде 2D эскизов создаваемые сплайны не будут ассоциативными. При редактировании такого сплайна производится аппроксимация исходного сплайна, и точность построенной кривой может быть утеряна.

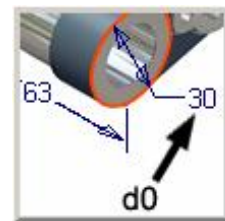


## ГЛАВА 7 ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ДЕТАЛИ (IFEATURES)

Inventor – это параметрическая программа моделирования, т.к. с помощью Inventor можно создавать, извлекать и повторно использовать модели, обладающие свойством параметричности (геометрия конструкции зависит от размеров). Поэтому Inventor можно определить, как управляемую размерами систему, создающую параметрические твердотельные модели.

### 7.1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПАРАМЕТРАХ

Параметры создаются автоматически при построении деталей или сборки. При нанесении обозначения размера в эскизе, создании конструктивного элемента, или добавления зависимости в изделие параметрам модели присваиваются значения. **ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ** - переменные, задающие соотношения между различными геометрическими и размерными величинами на эскизе. Таким образом, конструктор может контролировать форму и размеры параметрического эскиза в процессе многократных обновлений проекта. Созданная параметрическая модель определяется размером, формой и положением своих элементов. Пользователь может изменять параметры модели при сохранении назначения проекта.



Дополнительно, можно создавать пользовательские параметры, которые определяются инженером самостоятельно (например, это может быть прочность материала). По сравнению с параметрами модели они носят более общий характер и могут использоваться для выражения функциональных требований (использоваться в формулах). Пользовательские параметры также могут управляться файлами электронных таблиц. Параметры, которые необходимо использовать во многих деталях, следует определять в файлах шаблонов. Параметрам следует присваивать такие имена, которые ясно отражали бы их назначение.

Обоим типам параметров (автоматически создаваемым и пользовательским) можно присваивать значения. С помощью обоих типов параметров можно задавать отношения между элементами модели. Каждый раз при добавлении обозначения размера или результата команды измерения в модель эти значения устанавливаются в качестве параметров модели.

Определение размеров параметрами рекомендуется производить после того, как форма эскиза полностью определена геометрическими зависимостями. В отличие от геометрических зависимостей, изменение значений параметрических размеров приводит к изменению геометрии. Размеры определяют длину, радиус или угол поворота геометрических элементов в эскизе. Параметрические команды Inventor гарантируют, что зависимости между геометрическими элементами (при изменении размеров) останутся нетронутыми.

Параметры служат для задания размеров и формы конструктивных элементов, а также для описания взаимного расположения компонентов в узлах. Параметры могут применяться в формулах для получения других параметров или определения пользовательских параметров с уникальными именами, которые можно применять при вводе числовых значений. Например, размер пластины можно определить как  $Высота = \frac{Ширина}{2}$ , используя формулы для выражения отношений между параметрами. Параметры используются для определения цели конструирования при разработке деталей.

Параметры также можно определять для соответствия обозначений размеров функциональным требованиям. Вот пример для площади поперечного сечения, при которой деталь успешно выдерживает приложенную нагрузку:  $Площадь = \frac{Нагрузка}{Прочность\_материала} * Запас\_прочности$ . Если к детали или изделию подключена электронная таблица Microsoft Excel, значения параметров можно задавать в ее полях. Параметры также можно экспортировать в спецификацию.

Для настройки параметров элементов следует воспользоваться командой **Parameters**, пиктограмма которой расположена на командной панели. С помощью этой команды можно:

- присваивать параметрам описательные имена еще до создания параметрического элемента. Эти имена автоматически отображаются в списке размерных параметров параметрического элемента. Например, размеру, имеющему по умолчанию имя «d1», можно присвоить имя «длина\_пластины» или любое другое, отражающее назначение параметра.
- вводить подсказки, которые в дальнейшем позволят понять назначение того или иного параметра. Имена и подсказки параметров облегчают понимание их применения в процессе вставки параметрического элемента. Подсказки автоматически отображаются в списке размерных параметров параметрического элемента
- переименовывать параметры параметрических элементов еще до их создания. Это более удобный способ переименования, хотя его можно производить также в диалоговом окне **Create iFeatures**. После того, как параметр переименован, его нужно проверить. Для этого нужно выбрать конструктивный элемент в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши, выбрать **Show Dimension** из контекстного меню или дважды щелкнуть на нужном размере. В поле редактирования выводится значение, а в заголовке — имя параметра.

Размеры можно отображать как числовые константы или как уравнения. Каждый из них имеет свое специфическое назначение, хотя можно использовать их вместо друг друга:

- **числовые константы** используют, когда геометрический элемент имеет постоянный размер и не связан с каким либо другим геометрическим элементом. Размеры отображают фактические значения. Если все линии и углы являются постоянными величинами и отображаются числовыми значениями, то высота эскиза устанавливается пропорционально длине, даже если позже будут изменены размеры.

- **переменные**. Размеры отображаются только метками, каждая из которых содержит букву **d** и порядковый номер размера. Символ **d** указывает, что параметр является размером, цифра показывает порядковый номер размера. Так, например, первый проставленный размер будет иметь метку **d0**, а номер каждого последующего размера будет увеличиваться на единицу. Если размер будет удален, то стертая метка не присваивается никакому иному/новому размеру

- **уравнения** используют, когда размер геометрического элемента пропорционален размеру другого элемента (например, высоту относительно длины). Все размеры отображаются с помощью меток в виде **d№** = зависимость. В уравнении, можно задать, например, высоту относительно длины.

Создаваемые размеры будут выводиться в текущем режиме отображения, который не затрагивает формат представления размерных чисел. Чтобы создать размер с меткой, в ответ на приглашение следует ввести **d** со значением размера, чтобы проверить значение размера. В выражении можно использовать математические операторы, перечень которых приведен в таблице

ОПЕРАТОР	ОПИСАНИЕ	ОПЕРАТОР	ОПИСАНИЕ	ОПЕРАТОР	ОПИСАНИЕ
<b>^</b>	возведение в степень	<b>+</b>	сложение	<b>-</b>	вычитание
<b>sqrt</b>	извлечение квадратного корня	<b>*</b>	умножение	<b>/</b>	деление
<b>log</b>	логарифм	<b>p</b>	число $\pi$	<b>%</b>	деление по модулю
<b>ln</b>	натуральный логарифм	<b>ceil</b>	округление до ближайшего большего целого	<b>floor</b>	округление до ближайшего меньшего целого
<b>sin</b>	синус	<b>cos</b>	косинус	<b>tan</b>	тангенс
<b>asin</b>	арксинус	<b>acos</b>	арккосинус	<b>atan</b>	арктангенс

При добавлении параметрических размеров необходимо придерживаться следующих правил:

- вначале выбираются элементы для образмеривания, а потом указывается, где требуется поместить размер.
- тип размера зависит от элемента, который выбирается и от места размещения размера. Отображается текущий размер выбранного элемента
- вместо текущего размера можно ввести новое значение размера или указать расчетный размер (по зависимости)
- элемент эскиза изменяется согласно введенному значению размера, а размерная линия и размерное число помещается в место, которое указано.

Кроме параметров модели можно также вводить пользовательские параметры, связывать, внедрять и сохранять параметры в специальной таблице параметров. Пользовательские параметры добавляются непосредственно в таблицу в виде имени параметра и его значения. Для ввода большого количества параметров рекомендуется применять приложение MS Office электронные таблицы Excel, причем:

- если таблица Excel связана с таблицей параметров, то параметры называются связанные параметры. Связанные параметры отражают состояние таблицы Excel, т.е. любое изменение в данных таблицы влечет за собой изменение таблицы связанных параметров
- если таблица Excel внедрена в таблицу параметров, то параметры называются внедренные параметры. Внедренные параметры импортируются из таблицы Excel, после чего связь с таблицей разрывается, и изменения в таблице Excel не отражаются на внедренных параметрах

Создаваемая электронная таблица может иметь несколько столбцов, в которых пользователь может указать имя параметра, его значение, единицы измерения и примечания. Если пользователь не вводится отдельного столбца для единиц измерения, то будут использоваться единицы измерения, задаваемые по умолчанию

Данные таблицы Excel могут быть связаны и внедрены в файл модели:

- при осуществлении связи, данные из таблицы, связанной с деталью не сохраняются в файле детали, поэтому при открытии файла детали, происходит импорт данных из связанной с ним таблицы. В результате такого обмена данными деталь всегда будет отражать данные из новейшей версии таблицы
- при внедрении электронной таблицы в файл детали, после выполнения операции внедрения связь между файлом детали и таблицей разрывается

Для использования параметров необходимо следовать следующим руководящим принципам:


- давать параметрам осмысленные имена
- формулы не могут быть рекурсивными.
- имена параметров должны состоять только из букв и цифр. Имена параметров не могут содержать пробелы, математические или специальные символы.
- при подключении файла электронной таблицы, содержащиеся в нем параметры нельзя изменить с помощью Inventor, для этого необходимо использовать Microsoft Excel .

Параметрические размеры могут дополняться справочными размерами, которые не предназначены для управления размером модели; однако, при изменении модели обновляются и отражают новый размер.

Справочные размеры создаются между кромками детали и ограниченным набором объектов (линиями, дугами, осявыми линиями, эллипсами, кругами). Объекты, к которым устанавливаются справочные размеры, должны быть привязаны к виду чертежа. После вызова команды справочный размер создается с учетом правил, действующих при создании параметрического размера.

При использовании команды **Parameters** для определения или изменения параметров, необходимо нажимать кнопку **Update**. Это применяет сделанные в диалоговом окне изменения к изображению. При редактировании конструктивного элемента изменяются все его зависимые параметры.

## 7.2 ДИАЛОГОВОЕ ОКНО PARAMETERS

Отображение и определение параметров при работе с моделями, а также выбор параметров, предполагаемых к использованию в параметрическом элементе осуществляется с помощью специальной таблицы Inventor. Для вывода на экран диалогового окна, содержащего таблицу параметров **Parameters** необходимо щелкнуть по кнопке **Parameters**  на стандартной панели инструментов.

В диалоговом окне **Parameters** осуществляется ввод, задания и/или изменения параметров модели. Пользователь может переименовать параметр, изменить его значение или добавить комментарии к существующим параметрам, а также задать пользовательские параметры, для их дальнейшего использования при разработке параметрической модели. В момент создания параметрической модели диалоговое окно содержит две зоны – для данных модели и для пользовательских данных:

**Model Parameters** – таблица, в которой приводятся данные об именах и значениях параметров, созданных автоматически в процессе моделирования. С помощью данной таблицы пользователь может добавить в модель размер или элемент, с автоматическим заданием параметра

**Parameter Number** – автоматически задаваемая метка параметра

**Parameter Name** – имя параметра. Имя параметра не должно содержать пробелов. Для изменения имени параметра (обычно на более содержательное) щелкнуть мышью в этом поле и ввести новое имя с клавиатуры. При обновлении модели все зависимые параметры обновляются для изменения имени

**Units** – единицы измерения параметра. В одной таблице можно использовать различные системы измерения, например дюймовые и метрические размеры

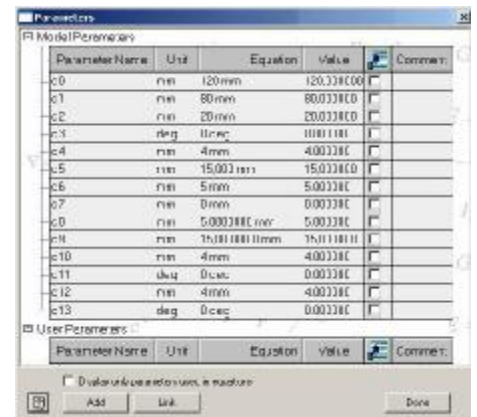
**Equation** – формула, определяющая значение параметра. Если параметр является дискретной величиной, то представляемое в модели его значение округляется в соответствии с заданной точностью измерения величин. Для изменения выражения для расчета значения параметра необходимо щелкнуть мышью по старому выражению в его поле и ввести новую формулу с клавиатуры

**Value** – номинальное значение. числовое значение, полученное в результате расчета по формуле, записанной в предыдущем столбце. Отображается без округления в соответствии с заданной точностью. В поле **Value** открывается диалоговое окно со списком в виде древовидной структуры всех возможных типов единиц. Пользователь может развернуть любую ветвь щелчком мыши и выбрать необходимый тип единиц

**Check box** – колонка, с помощью которой осуществляется переход к добавлению пользовательских свойств модели. Такие свойства могут быть добавлены в спецификацию деталей или список материалов. Установка флажки в соответствующую ячейку позволяет произвести добавление параметра в пользовательские свойства, а удаление флажка предназначено для удаления параметра из пользовательских свойств

**Comment** – столбец, в ячейках которого могут быть приведены текстовые примечания. Для добавления примечания щелкнуть мышью в его поле и ввести текст примечания с клавиатуры

**User Parameters** - таблица, в которой приводятся данные параметрах, которые были определены пользователем для управления обозначениями размеров и конструктивными элементами модели. Для добавления параметра необходимо создать щелчком по кнопке **Add** новую строку в таблице, а затем задать значения параметра



**ØParameter Name** – имя параметра. Имя параметра не должно содержать пробелов. Задать имя параметра можно после щелчка мышкой по ячейке и ввести имя с клавиатуры

**ØUnits** – единицы измерения параметра. Для определения единицы измерения необходимо щелкнуть в ячейке, и выбрать единицу измерения с помощью диалогового окна **Unit Type**

**ØEquation** – ячейка для ввода числового значения или выражения для расчета числового значения параметра. Щелчком мыши выделить данное поле и ввести с клавиатуры формулу или значение параметра

**ØValue** – числовое значение, полученное в результате расчета по выражению, записанному в предыдущем столбце. Отображается без округления в соответствии с заданной точностью

**ØCheck box** – колонка, с помощью которой осуществляется переход к добавлению пользовательских свойств модели.

**ØComment** – столбец, в ячейках которого могут быть приведены текстовые примечания. Для добавления примечания щелкнуть мышью в его поле и ввести текст примечания с клавиатуры

**ØDisplay Only Parameters Used in Equations** – флажок, установка которого позволяет вывести в таблицу только те параметры, данные о которых представлено в виде выражения/формулы

**✓Add** – кнопка, щелчок по которой позволяет создать новую строку в таблице пользовательских параметров

**✓Link** – кнопка, щелчок по которой позволяет открыть диалоговое окно **Open** для поиска внешней ссылки (таблицы Excel), определяющей значение параметров. Нажать кнопку для подключения файла электронной таблицы. При подключении файла электронной таблицы в диалоговом окне **Parameters** добавляется новая таблица. Таблица содержит определенные в файле электронной таблицы параметры. Изменение параметров в электронной таблице с помощью диалогового окна **Parameters** невозможно. Для их изменения необходимо запускать Microsoft Excel.

Алгоритм изменения имени или значения существующих параметров

- 1.Выполнить команду **Tools/Parameter**
- 2.В открывшемся диалоговом окне **Parameter** найти изменяемый параметр
- 3.Щелчком мыши выделять поля **Parameter Name**, **Equation** или **Comment** и внести требуемые изменения

4.Для сохранения изменений нажать клавишу Enter

5.Для обновления модели щелкнуть по кнопке **Update** на командной панели.

Значение существующего параметра изменяется при изменении обозначения размера эскиза или конструктивного элемента.

Алгоритм добавления пользовательского параметра:

- 1.Выполнить команду **Tools/Parameter**
- 2.В диалоговом окне **Parameter** щелкнуть по кнопке **Add**. Это добавит запись в таблицу пользовательских параметров
- 3.Заполнить поля **Parameter Name**, **Units** и **Equation**.
- 4.При необходимости ввести примечание.

При необходимости использования одних и тех же параметров во множестве деталей рекомендуется создать файл шаблона, содержащий эти параметры, который можно сохранить в папке **Templates**. Это позволит использовать его при создании новых файлов деталей.

Для использования параметров при работе с деталями или сборками нужно подключить файл электронной таблицы. Алгоритм подключения электронной таблицы с параметрами

- 1.Выполнить команду **Tools/Parameter**
- 2.В диалоговом окне **Parameter** щелкнуть по кнопке **Link**. Выбрать файл Microsoft Excel (.xls)
- 3.Указать для параметров начальную ячейку электронной таблицы (не включать заполненные ячейки)
- 4.Выбрать между связью и внедрением электронной таблицы.

Как при связи, так и при внедрении файла электронной таблицы в диалоговом окне **Parameter** добавляется новая таблица. Изменение параметров в электронной таблице с помощью диалогового окна **Parameter** невозможно, для их изменения необходимо запускать Microsoft Excel.

### 7.3 СОЗДАНИЕ, ВСТАВКА И МОДИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пользователь может применять в проекте как стандартные компоненты (крепеж, подшипники и т.д.), так и создавать новые пользовательские типовые компоненты, которые обычно заносят в создаваемые библиотеки с целью последующего импорта их оттуда для вставки в проект, редактирования, а также адаптации.

Помимо импорта существующих компонентов в новые сборки из библиотек, пользователь может вставлять в новые детали типовые конструктивные элементы из уже существующих деталей, причем один и тот же эскиз можно использовать для создания нескольких конструктивных элементов или нескольких



контуров одной детали. Для этого таким элементам следует присвоить статус параметрического элемента **iFeatures**, и поместить их в специальную библиотеку типовых элементов, откуда при необходимости они могут быть импортированы во вновь создаваемые детали.

Параметрические элементы - это особые элементы, которые могут:

- создаваться в деталях из любого имеющегося конструктивного элемента
- храниться в отдельных файлах (расширение .IDE). В IDE-файле параметрического элемента можно:
  - просматривать и редактировать параметрические элементы
  - изменять имена и подсказки размерных параметров
  - редактировать список объектов для позиционирования, включая подсказки
  - изменять имя параметрического элемента
  - добавлять, удалять или изменять пределы размерных параметров (опции **Range** и **List**)
  - присоединять инструкцию по вставке
- быть отредактированы как в IDE-файле, так и в файле детали. Изменения IDE-файла параметрического элемента не влияют на параметрические элементы, вставленные в файлы деталей. Аналогично, изменения вставленного параметрического элемента не влияют на другие параметрические элементы, вставленные из одного IDE-файла в эту или другую деталь
- быть извлечены/скопированы и многократно использованы в других проектах и как стандартный элемент, не требующий редактирования, и как пользовательский элемент, который можно изменять перед вставкой. Вхождения параметрических элементов независимы
- быть базовым элементом детали, если он не зависит от других элементов
- быть использованы в той же или другой детали путем перетаскивания его в файл детали

При планировании работы, предварительно следует определить создавать ли конструкторские элементы с использованием уравнений для управления размерами и связями в конструкции. Уравнения уменьшают число параметров, необходимых для определения местоположения конструкторских элементов и позволяют конструктивно менять размеры.

Наборы параметрических элементов образуют параметрические ряды деталей, что позволяет не тратить время на разработку похожих конструкций, а использовать (с незначительными изменениями) существующие наработки. Использование параметрических элементов похоже на использование шаблонов например, при проектировании корпусных деталей можно одновременно вставить технологические приливы и все монтажные отверстия..

Параметрические элементы создаются в среде моделирования деталей на основе имеющихся конструктивных элементов детали при этом элементы, подчиненные выбранному элементу, также включаются в параметрический элемент. При создании параметрического элемента пользователь указывает, какие размеры могут изменяться при использовании этого элемента в других деталях. Также можно задавать пределы изменения размеров.

После того, как параметрический элемент создан и сохранен в виде файла, его можно вставлять в деталь путем перетаскивания из окна Проводника Windows или с помощью команды **Insert iFeature**.

Особенности создания, использования и модифицирования параметрических элементов

- для настройки параметров, включаемых в параметрические элементы, рекомендуется применять команду **Tools/Application Options/iFeatures**
- при создании параметрического элемента:
  - обозначения размеров на эскизе и параметры конструктивного элемента могут быть выбраны в качестве его параметров размера
  - если параметры имеют имена, они включаются в параметрические элементы автоматически
  - имеется возможность определения пользовательских параметров путем переименования имеющихся параметров или добавления новых с помощью кнопки **Add**. Все пользовательские имена параметров автоматически отображаются в списке **Size Parameters** диалогового окна **Create iFeatures**
  - не нужно включать в параметрический элемент заимствованную геометрию других - параметрический элемент должен быть самодостаточным
  - если в параметрическом элементе используется зависимая геометрия, то опорная геометрия для нее должна браться только из этого же параметрического элемента. Следует избегать использования координатных плоскостей, координатных осей и центральной точки в качестве рабочих элементов
  - для задания пропорций геометрии рекомендуется наносить размеры с использованием формул, а не фиксированных числовых значений
  - следует избегать наложения зависимостей горизонтальности и вертикальности. К геометрии параметрического элемента лучше применять зависимости параллельности и перпендикулярности
  - параметрические элементы следует сохранять, прежде чем использовать их в других деталях

о все параметры нужно включить в параметрический элемент, прежде чем преобразовывать его в табличный. Впоследствии в табличный элемент нельзя будет добавить параметры, которые не присутствовали в исходном параметрическом элементе

о в таблицу ряда параметрических элементов можно добавлять строки и менять атрибуты столбцов в ней, но эти изменения не влияют на уже имеющиеся вхождения параметрических элементов

- на начальном этапе проектирования следует определить возможные способы модификации эскизов. Размерные зависимости предпочтительнее всего выражать в виде формул, которые позволяют сократить число независимых параметров, необходимых для позиционирования параметрического элемента, и варьировать его размеры

- при задании параметров конструктивных элементов, используемых при создании параметрического элемента, для упрощения дальнейшего использования следует придерживаться следующих рекомендаций:

- о параметрам следует присваивать описательные имена, отражающие их назначение, например, «высота», «ширина» и т.п. Переименование следует производить в диалоговом окне **Create iFeature**, щелкнув правой кнопкой в главном узле (**Feature**) и выбрать команду **Rename**. Затем ввести имя параметрического элемента без пробелов, которое будет отображаться в браузере, и имя его файла

- о рекомендуется устанавливать пределы значений

- о рекомендуется вводить подсказки

- о к параметрическим элементам рекомендуется присоединять инструкции по вставке, которые доступны для просмотра во время вставки или редактирования параметрических элементов

- о имена IDE-файла создаваемого параметрического элемента и самого параметрического элемента рекомендуется задавать одинаковыми или хотя бы похожими

- вставка параметрического элемента осуществляется путем перетаскивания выбранного элемента в окно детали. Затем следует указать грань или рабочую плоскость. Для определения необходимых размеров и местоположения параметрического элемента можно отредактировать или добавить параметры в диалоговом окне, затем наложить на эскиз параметрического элемента необходимые зависимости

- после вставки параметрического элемента в файл детали можно:

- о изменять параметры

- о выбирать грань для размещения параметрического элемента

- о поворачивать параметрический элемент и его координатную систему

- о перемещать параметрический элемент


- о редактировать эскиз параметрического элемента, накладывая, удаляя и изменяя размерные и геометрические зависимости. Изменение размера затрагивает только отдельную зависимость вставляемого параметрического элемента, не затрагивая исходного файла элемента. Если имеется несколько вхождений параметрического элемента, размеры следует задавать для каждого из них

В элементах, которые будут сохранены как параметрические элементы, рекомендуется задавать параметры, для облегчения использования, следующим способом:

- задавать размерные ограничения

- создавать инструкции или описания для размещения или позиционирования, которые помогают понять, как можно изменить конструкторский элемент. Подсказка автоматически включается в таблицу параметров конструкторских элементов.

### 7.3.1 СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Создание одного или нескольких пользовательских конструктивных элементов для дальнейшего использования в других проектах производится с помощью опций диалогового окна **Create iFeature**, открываемого после щелчка по кнопке  **Create iFeature**, расположенной на панели инструментов **Features**. Выбирается в графической области или в браузере один или несколько конструкторских элементов для внедрения их в другие конструкции, выбранные эскизы могут быть поглощены или не поглощены элементом. Если выбранный элемент имеет зависимости с другими элементами, то автоматически выбираются и все геометрически зависимые от него элементы, но пользователь может удалить их, используя диалоговое окно **Create iFeature**. Имена параметров, размеры и текстовая помощь по вставке должны быть определены, а значения параметров должны быть отредактированы до размещения элемента в новой детали, хотя значения параметров можно редактировать во время размещения конструктивного элемента

В диалоговом окне содержатся следующие опции:

**✓Selected Features** – зона диалогового окна, представляющая собой браузер конструкторского элемента. В браузере содержится перечень всех элементов, выбранных для включения в параметрический элемент. По умолчанию в этот список входят также геометрически зависимые элементы, которые, если необходимо, можно исключить. В данном окне пользователь может произвести переименование геометрических элементов с целью задания более понятных описательных имен. Первым в дереве браузера является

базовый элемент, его эскиз применяется для позиционирования конструкторского элемента при его вставке в другую деталь

✓ >> **All parameters** – кнопка в таблицу включения параметров выбранного элемента в список размерных параметров **Size Parameters**

✓ << **Remove all parameters** - кнопка исключения параметров выбранного элемента из списка размерных параметров **Size Parameters**



✓ **Size Parameters** – таблица, содержащая перечень параметров параметрического элемента для организации интерфейса во время позиционирования. Параметры могут быть выбраны из дерева выбранных элементов или в графической области. Для активизации списка следует щелкнуть на любой его строке

Ø **Name** – столбец, в котором пользователь может дать описательное название элементу. Рекомендуется подбирать имена таким образом, чтобы дальнейшее использование параметрического элемента было понятным, например, в качестве такого имени можно использовать название параметрического выражения. Имена параметров отображаются в браузере после вставки параметрического элемента

Ø **Value** – столбец, в ячейках которого приводится значение параметра. По умолчанию в графе отображается текущее значение параметра. На значение задается ограничение в ячейке столбца **Limit**

Ø **Limit** – столбец, в ячейках которого задается ограничение на значение параметра. Если щелкнуть по стрелке, то открывается перечень возможных ограничений:

§ **None** – ограничений по значению не имеется

§ **Range** – вызов диалогового окна **Specify Range** с именем параметра в заголовке. В диалоговом окне задаются минимальное и максимальное допустимые значения, а также знаки операций сравнения: меньше, равно или больше. Кроме того, можно ввести значение, принимаемое по умолчанию. Задание отрицательного значения в поле **Minimum** позволяет с помощью вставленного параметрического элемента изменять направление выдавливания или местоположение кривой эскиза относительно ребра

§ **List** - перечисление допустимых значений путем ввода или вставки из буфера обмена. Для изменения значения следует щелкнуть в нужной строке списка на графе **Value**. Если необходимо добавить значение, то нужно щелкнуть на нижней строке списка. В случае вставки электронной таблицы из буфера обмена, каждое значение размещается в отдельную строку списка в графе **Value**. При повторном открытии списка происходит сортировка значений

§ **Prompt** – в ячейках этого столбца вводится текст подсказки, который появляется на экране монитора при вставке параметрического элемента, что облегчает работу пользователя. Для удобства рекомендуется вводить краткие инструкции. Для редактирования текста следует щелкнуть в поле **Prompt** нужной строки

✓ **Position Geometry** - описывает интерфейс, который присоединен к элементу при размещении конструктивного элемента для его позиционирования в детали. Обычно это плоскость черчения, но можно добавить другие геометрические элементы для использования, при размещении конструкторского элемента. Прimitives можно задать содержательное имя для того, чтобы облегчить последующее размещение конструктивного элемента. Чтобы добавить или удалить примитив в этом списке нужно в дереве **Selected Feature** щелкнуть правой кнопкой по элементу, который требуется добавить и щелкнуть по кнопке **Add**. Для удаления примитива: в списке **Position Geometry** щелкнуть правой кнопкой по примитиву, который требуется удалить, затем выбрать **Remove Geometry**

Ø **Name** - для ввода содержательного имени для идентификации. Задание этого имени не влияет на имя, отображаемое в дереве выбранных элементов. По умолчанию, устанавливается имя соответствующего объекта, взятое из дерева выбранных элементов

Ø **Prompt** – инструкции по позиционированию вставляемого в деталь параметрического элемента, которые будут появляться в диалоговом боксе, при размещении **Position Geometry**. Как правило, инструкции описывают позиционирование на плоскости или грани поле для ввода описания.

✓ **Advanced context menu options** - дополнительные опции контекстного меню позволяющие задавать настройки для позиционирования геометрии

Ø **Make Independent** - создание отдельных записей в списке **Position Geometry** для объекта, связанного с несколькими конструктивными элементами. Для этого в списке **Position Geometry** или в браузере **Select Feature** следует щелкнуть правой кнопкой мыши на геометрическом объекте, связанном с несколькими конструктивными элементами и выбрать опцию контекстного меню **Make**

Ø **Combine Geometry** - в списке **Position Geometry** объединение в одну запись нескольких записей объектов, связанных с несколькими конструктивными элементами. Для этого в списке **Position Geometry** или в браузере **Select Feature** следует щелкнуть правой кнопкой мыши на геометрическом объекте, выбрать опцию контекстного меню **Combine Geometry** и выбрать другой элемент списка для комбинирования с первым

В диалоговом окне **Create iFeature** текущие параметры показаны в дереве **Selected Feature** и списке **Size Parameters**.

Алгоритм добавления или удаления параметров из конструкторского элемента:

- 1.Щелкнуть в дереве для раскрытия элемента
- 2.Щелкнуть правой кнопкой мыши для добавления/удаления всех параметров из таблицы **Size Parameters**
- 3.Щелкнуть правой кнопкой мыши на единичном параметре для добавления/удаления их из таблицы **Size Parameters**

Если параметры должны изменяться в конструкторском элементе, то необходимо убедиться, что они добавлены к таблице **Size Parameters**. При размещении конструкторского элемента, значения параметров, не входящих в таблицу **Size Parameters**, будут фиксированными.


Значения в таблице **Size Parameters** изменяются только в размещенном конструктивном элементе, но не в оригинальном элементе. Алгоритм изменения значений в таблице:

- 1.Щелкнуть мышью в ряду, значения которого требуется изменить.
- 2.Щелкнуть мышью в столбце **Name** для ввода описания имени для параметров
- 3.Щелкнуть мышью в столбце **Value** для аннулирования параметра по умолчанию (в пределах, заданных в **Limit**)
- 4.Щелкнуть мышью в столбце **Limit**, затем щелкнуть на направленной вниз стрелке для просмотра условий для **Value**
- 5.Выбрать одно из предлагаемых значений по умолчанию
- 6.Щелкнуть мышью в столбце **Prompt** для ввода текстовой инструкции, которая показывается в диалоговом окне, при размещении конструкторского элемента.

Пользователь имеет возможность открыть файл параметрического элемента (.IDE) и задать для него свой значок в браузере. При следующей вставке элемента в деталь используется уже этот новый значок. Но вставленные ранее экземпляры элемента не обновляются. При дальнейших модификациях значка элемента он отображается новым образом при каждой новой вставке.

- 1.Для перехода в папку с параметрическими элементами необходимо выбрать из меню **File/Open**, а затем перейти в папку с параметрическими элементами. Выбрать элемент и нажать ОК
- 2.Выбрать из меню **Change Icon**
- 3.В диалоговом окне **Edit Icon**, используя графические инструменты, изменить значок. Размер файла значка должен быть 16 на 16 пикселей.
- 4.Нажать кнопку с галочкой для принятия изменений. Значок в браузере изменяется.
- 5.Сохранить файл параметрического элемента. Теперь при каждой вставке параметрического элемента он будет фигурировать с новым значком. Даже после редактирования элемента новый значок останется неизменным.

### 7.3.2 ВСТАВКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вставка конструкторского элемента на рабочую плоскость или плоскую поверхность производится с помощью опций диалогового окна **Insert iFeature**, открываемого после щелчка по кнопке  **Insert iFeature**, расположенной на панели инструментов **Features**. Значения опций на вкладках диалогового окна **Insert iFeature** соотносятся с **Size Parameters** и **Position Geometry**, при создании конструктивного элемента. У пользователя имеется возможность редактировать параметры конструктивного элемента и приблизительно размещать его перед точной вставкой. После вставки конструкторского элемента пользователь может, если есть необходимость, изменять его ориентацию, расположение и размеры. Табличные параметрические элементы могут быть узнаны по значку таблицы слева от них. Вариант табличного элемента выбирается из списка ключевых параметров

Если при создании конструкторского элемента были заполнены ячейки **Prompt**, то, при вставке конструкторского элемента, рекомендуется использовать созданные инструкции. Если опция доступна, то можно щелкнуть по кнопке **Information** в диалоговом окне **Insert iFeature**, то откроется документ с информацией о размещении конструктивного элемента.

В диалоговом окне **Insert iFeature** содержится графическое окно **Tasks Tree** в котором содержится дерево заданий. Пользователь, щелкая по требуемой пиктограмме, может передвигаться по дереву

✓**Select** – опция открывающая диалоговое окно **Insert iFeature** для выбора конструкторского элемента по его месту хранения

○**File Name** – текстовое поле, в котором вводится адрес места хранения конструкторского элемента

○**Browse** – кнопка, щелчок по которой позволяет выбрать конструкторский элемент

✓**Position** - опция открывающая диалоговое окно **Insert iFeature** с перечнем объектов для позиционирования, на которых пользователь может разместить конструкторский эле-





мент. Поворот и перемещение элемента производятся непосредственно в графической области на указанной плоской поверхности или рабочей плоскости, с помощью символа местоположения. Необходимо щелкнуть на одной из стрелок и перемещать мышью. Для завершения поворота или перемещения повторно щелкнуть мышью. Можно также ввести значение угла в поле **Angle** списка. Для перемещения следует щелкнуть на перекрестье символа местоположения, передвинуть курсор в новую позицию, а затем еще раз щелкнуть мышью.

**ØName** – перечень объектов для позиционирования

**ØAngle** – перечень значений для каждого объекта, определяющих местоположение параметрического элемента

**ØMove Coordinate System** – перенос системы координат. Задание горизонтальной и/или вертикальной оси для точного позиционирования параметрического элемента. Опция становится доступной, при наличии у параметрического элемента горизонтальных или вертикальных размеров, либо имеет ограничения вертикальности или горизонтальности

После того как позиционирование объекта выполнено, он помечается слева в списке галочкой. Однако после этого можно изменить значение в графе **Angle**, либо переместить перекрестье или стрелку обозначения местоположения для позиционирования параметрического элемента. Затем следует нажать одну из кнопок **Next** или **Back** для перехода на другую страницу диалогового окна, **Finish** — для завершения вставки



**✓Size** – опция открывающая диалоговое окно **Insert iFeature** с перечнем имен и значений размерных параметров, использованных при создании конструкторского элемента. Для изменения значения параметра следует щелкнуть на значении в строке списка, а после ввода нового значения нажать кнопку **Update** для просмотра результатов изменений



**ØName** – перечень названий параметров

**ØValue** – перечень значений параметров. Для табличных параметрических элементов щелкнуть, чтобы получить список значений - текущее значение предлагается по умолчанию. Установить флажок **All**, чтобы были выведены все значения. Выбрать значение или нажать ESC, чтобы закрыть список

**✓Precise position** - опция открывающая диалоговое окно **Insert iFeature** для установления переключателей, определяющих действия после вставки: накладывать ли геометрические и размерные зависимости для позиционирования параметрического элемента. Предлагаются следующие опции:

**ØActivate sketch edit immediately** – установка переключателя обеспечивает активацию эскиза конструкторского элемента и панели инструментов для его модификации. Пользователь получает возможности произвести позиционирование конструкторского элемента с помощью размерных и геометрических ограничений для родительских элементов, использовавшихся при разработке эскиза



**ØDo not activate sketch edit** - установка переключателя позволяет позиционировать конструкторский элемент без использования геометрических ограничений и размеров. В дальнейшем для изменения его местоположения необходимо сначала активизировать эскиз

**✓Info** – кнопка просмотра инструкции по вставке параметрического элемента.

Алгоритм размещение конструктивного элемента:

1.В диалоговом окне **Insert iFeature** выбрать нужную задачу, либо с помощью кнопок **Back** и **Next** выбрать в списке требуемую задачу

2.Щелкнуть по клавише **Browse** для поиска файла параметрического элемента (.IDE).

3.В диалоговом окне **File Open** выбрать конструкторский элемент

4.Щелкнуть по кнопке **Open**

5.Указать поверхность или рабочую плоскость для размещения конструкторского элемента. Поскольку конструкторский элемент может иметь неподходящие параметры или положение, то пользователь может редактировать или добавлять параметры в диалоговом окне, редактировать эскиз этого конструкторского элемента, чтобы добавить элементы. Внесенные изменения размеров отражается только на вставленном конструкторском элементе, но не на оригинале. Если производится вставка в деталь двух и более элементов, то редактировать необходимо каждый из них отдельно.

6.Если необходимо, щелкнуть по кнопке **Move Coordinate System** в первом ряду **Position** для присоединения вертикальных или горизонтальных размеров или связей к эскизу конструкторского элемента.

7.Когда координатная система будет показана, выбрать ось X или Y, затем выбрать ребро модели, к которому необходимо ее присоединить

8.Продолжать щелкать в других рядах **Position**, если эта функция доступна, и затем выбрать соответствующий примитив на детали

9.Щелкнуть на стрелках символа позиции для вращения или перемещения конструкторского элемента, при необходимости

10.Щелкнуть в строке параметра для задания, и ввести значение, используя инструкции в текстовом окне, если они доступны.

11.При размещении конструкторского элемента, можно изменить параметры его размещения и размеры, затем щелкнуть по кнопке **Apply** для просмотра результата

12.Если результат удовлетворителен, то щелкнуть по кнопке **Finish**

### 7.3.3 МОДИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

После того, как конструктивный элемент размещен, можно редактировать его размеры и положение. Для этого следует правой кнопкой мыши щелкнуть по конструкторскому элементу в браузере и выбрать одно из следующих:

- **Edit Sketch** - добавление, редактирование или удаление размеров и связей эскиза элемента. Последующий щелчок по кнопке **Update** приведет к обновлению детали, вступит в силу только окружение текущего элемента

- **Edit Feature** - изменение размеров конструкторского элемента, размещение его на другой плоскости или рабочей поверхности, или изменение его координатной системы для определения горизонтальной или вертикальной ориентации.

Пользователь может изменить эскиз элемента путем редактирования его размеров или добавлением, изменением или удалением связей для изменения геометрических связей.

Алгоритм изменения эскиза элемента

1.В браузере найти элемент, который требуется изменить.

2.В контекстном меню элемента выбрать команду редактирования элемента **Edit Sketch**. Этот элемент будет временно скрыт и показан его эскиз.

3.Выполнить нужные действия по редактированию:

- для изменения существующих размеров, дважды щелкнуть по размеру и ввести новое значение. Щелкнуть на зеленой галочке для принятия новых размеров.
- чтобы добавить новый размер, щелкнуть по кнопке **General Dimension** и затем щелкнуть для выбора элемента и размещения размера. Щелкнуть по размеру и задать его новое значение.
- для удаления связи щелкнуть по кнопке визуализации связей **Show Constraints**, затем щелкнуть по требуемому элементу. Щелчок правой кнопкой по связи позволяет активизировать окно активных связей, в котором следует выбрать опцию удаления **Delete**
- для добавления связи, щелкнуть по кнопке желаемой связи, и затем указать элемент, к которому задается связь.

4.Щелкнуть по кнопке **Update** для обновления элемента с новыми параметрами.

Для изменения размещенных элементов, таких как отверстия, отделка поверхности, фаски и галтели (не имеют эскизов) их можно переопределить путем вычерчивания другого профиля, изменения размеров или углов элемента, выбора другого метода завершения элемента, или выбора методов взаимодействия с другими элементами. Алгоритм переопределения конструктивного типового элемента

1.Выбрать элемент для редактирования в графическом окне или браузере.

2.В контекстном меню элемента выбрать опцию **Edit Feature**. Появляется эскиз элемента, если он существует, и показывается диалоговое окно создания элемента.

3.Изменить значения параметров щелкнуть на нужной строке списка параметров и ввести новое значение. Щелчок по кнопке **Profile** позволяет выбрать другой профиль элемента. Другие опции не могут быть выбраны, пока не будет определен правильный профиль.

4.Для перемещения параметрического элемента выбрать **Position** и указать новую грань или рабочую плоскость

5.Щелкнуть по кнопке **Update** для обновления элемента с новым значением

Вхождения уже размещенного конструктивного элемента, не оказывают влияние на редактирование файла конструктивного элемента. Алгоритм редактирования конструкторского элемента в его файле

1.На панели инструментов **Feature** щелкнуть по кнопке просмотра каталога **View Catalog**

2.Выполнить двойной щелчок по конструкторскому элементу для редактирования

3.Выбрать опцию редактирования конструкторского элемента **Edit Design Element**

4.При необходимости, отредактировать размерные параметры **Size Parameters**, элемент размещения **Position Geometry** и подсказку

4.1. для изменения размещенного конструктивного элемента, щелкнуть по кнопке **Position** и выбрать новую поверхность или рабочую плоскость

4.2. чтобы изменить размерные значения, щелкнуть в строке и ввести новое значение

4.3. для переориентации координатной системы щелкнуть по символу перемещения координатной системы **Move Coordinate System** и переместить или повернуть конструкторский элемент

5. При необходимости, вставить объект для создания местной помощи.

Если удаляется элемент, имеющий геометрически зависимые элементы, то изменения могут сказаться на них: некоторые зависимые элементы могут быть удалены, другие могут остаться без порождающих эскизов, и некоторые могут потерять связи. Алгоритм корректного удаления элементов:

1. В браузере или графическом окне выбрать элемент, который требуется удалить

2. В контекстном меню выбрать команду **Delete**

3. Если элемент имеет зависимые элементы, то сделать одно из действий:

- щелкнуть по кнопке ОК для удаления элемента и его эскиза
- установить галочку для сохранения зависимых элементов, или входящих в них эскизов, или обеих вместе, затем щелкнуть ОК.

4. Если элементы не имеют зависимых элементов, но имеют включенный эскиз, сделать одно из действий:

- щелкнуть по кнопке ОК для удаления включенного эскиза
- установить галочку для сохранения включенного эскиза, затем щелкнуть по кнопке ОК.

Пользователь может переместить эскизы в новую плоскость черчения и использовать еще раз в элементе или изменить положение сохраненных элементов со связями или размерами.

Алгоритм вставки копии элемента:

1. Открыть файл, содержащий элемент для копирования

2. Открыть файл, в который требуется вставить копию элемента

3. Щелкнуть мышкой в окне с элементом для копирования. Скопировать элемент, который требуется вставить

4. Щелкнуть по окну, в который будет вставлен элемент

5. В контекстном меню графической зоны выбрать **Paste**

6. При установке указателя мыши над плоскостью детали, появится предварительное изображение элемента

7. Щелкнуть по выбранной плоскости для вставки элемента

8. В диалоговом окне вставки элемента **Paste Feature**:

8.1. выбрать тип вставки элемента – **Selected** (выбранный), **Dependent** (зависимый), или **Independent** (независимый)

8.2. выбрать метод вставки параметров - **Independent** (независимый) или **Dependent** (зависимый)

8.3. в списке параметров задать значения для каждого поименованного параметра.

Например, если параметр задал угол элемента с плоскостью, на которой он размещен, можно ввести значение или переместить мышь для динамического поворота элемента. Значение угла будет изменяться в диалоге, при движении мыши. Для выбора подходящего значения щелкнуть мышью.

9. Щелкнуть по кнопке **Finish**, когда всем параметрам будут присвоены значения.

Для размещения элемента на поверхности следует щелкнуть на символе X под элементом, и переместите мышь в новое положение. Для динамического вращения элемента нужно щелкнуть по символу круговой стрелки, или ввести значение.

Параметры в конструкторских элементах можно редактировать с помощью инструмента **Parameters** на панели инструментов **Feature**:

- дать содержательные имена параметрам элементов, прежде чем создавать конструкторские элементы. Имена автоматически включаются в таблицу параметров конструкторских элементов
- добавить подсказку, которая облегчит описание параметров и их использование. Подсказка автоматически включается в таблицу параметров конструкторских элементов

Когда конструкторский элемент вставлен, имена параметров и подсказки помогают понять, как можно изменить конструкторский элемент.

Переименовать параметры можно также в диалоговом окне создания конструкторского элемента **Create iFeature**, однако более удобно их переименовывать в диалоговом окне **Parameters**.

Чтобы убедиться, что был действительно переименован требуемый параметр, нужно выбрать элемент в браузере, и в его контекстном меню выбрать опцию **Show Dimensions**, затем дважды щелкнуть на размере. Его значение появится в открывшемся окне, а наименование этого параметра появится на титульной панели. Оба они, имя и значение включены, когда конструкторские элементы были созданы из свойств.

Функция экспорта параметров осуществляет экспорт параметров модели и пользовательских параметров на вкладку **Custom** диалогового окна свойств компонента. Для экспорта параметров в свойства компо-

нентов необходимо выполнить команду **Tools/Parameters**, в диалоговом окне параметров поставить флажок напротив параметра, который необходимо экспортировать, и нажать кнопку **Done**

### 7.3.4 СОЗДАНИЕ ИНСТРУКЦИЙ ПО ВСТАВКЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

К параметрическому элементу, путем внедрения или связывания файла, можно добавить инструкцию по его вставке. Пользователь может добавить дополнительную информацию к конструкторскому элементу путем вложения или связи с файлом, такую как документ Word, файл HTML или электронную таблицу. Кроме того, можно внедрить Web-страницу из корпоративной сети или Интернета. Документ, который привязывается к конструкторскому элементу путем вставки, показывается как пиктограмма, размещенная под пиктограммой **3rd Party**. Пользователь должен выбрать документ в браузере и определить его как **Placement Help**.

Если связь документа с конструкторским элементом при его размещении осуществлялась через диалоговое окно **Design Element**, то появляется кнопка **Information**. В этом случае присоединения документа, только его часть вставляется в браузер. Чтобы посмотреть документ-инструкцию, следует дважды щелкнуть мышью на его обозначении. Будет запущено приложение, соответствующее типу документа.

Иной способ создания внедренных инструкций по вставке - в графическом окне Windows Explorer перетящить документы на конструктивный элемент, затем в контекстном меню конструктивного элемента выбрать команду **Placement Help**.

При внедрении документов:

- содержимое документа сохраняется в файле параметрического элемента, увеличивая его размер
- при редактировании исходного документа содержимое, внедренное в параметрический элемент, не обновляется
- открытие внедренного документа приводит к запуску приложения, ранее использованного для его создания
- внедренное содержимое сохраняется в файле параметрического элемента даже после удаления исходного документа с диска. Исключением является HTML-файл с дополнительными (например, графическими) файлами. Тогда, если дополнительные файлы не обнаружены, выводится сообщение об ошибке.

При внедрении документа его содержимое вставляется в файл параметрического элемента, а в папке **3rd Party** браузера появляется его значок. Если же выполнить связывание документа, то в браузере сохраняется лишь путь к нему. Алгоритм добавления документа в качестве инструкции по вставке:

1. На стандартной панели нажать кнопку **Open**

2. Найти IDE-файл параметрического элемента, в который требуется внедрить документ. Затем нажать

**Open**.

3. Выбрать **Edit>Insert New Object**.

4. В диалоговом окне **InsertObject** выполнить одно из следующих действий:

- выбрать **CreateNew** для вставки нового документа, затем указать тип вставляемого файл, затем выбрать тип файла из списка **Object Type**. Следует помнить, что при выборе опции **Create New** и внедрении документа, его имя будет тем же самым, что и у конструктивного элемента, с расширением, используемым в приложении.

- выбрать **CreatefromFile** для вставки имеющегося документа, затем нажать кнопку **Browse** для выбора вставляемого файла. Если необходимо связать файл, то установить флажок **Link**, иначе файл будет внедрен.

5. Нажать **OK**.

6. Раскрыть в браузере папку **3rd Party** и щелкнуть правой кнопкой мыши на обозначении документа.

Выбрать из контекстного меню **Placement Help**.

При внедрении нового документа его имя совпадает с именем параметрического элемента; к нему добавляется стандартное для выбранного приложения расширение.

При связывании документов:

- в параметрическом элементе хранится не содержимое документа, а ссылка на его папку или сетевой адрес.
- все изменения документа автоматически обновляют инструкцию параметрического элемента.
- открытие внедренного документа приводит к запуску приложения, ранее использованного для его создания.
- после удаления или перемещения документа доступ к нему в процессе вставки элемента в изделие становится невозможным.

Размещение ссылки на Web-страницу

- Web-страницы (html-документы) могут как внедряться, так и связываться



- если удалить или переместить html-документ или его дополнительные файлы (например, графические GIF- или JPG-файлы), то связи нарушаются, и в результате выводится сообщение об ошибке.

В открытый файл параметрического элемента в качестве местной помощи можно добавить Web-страницу путем создания ярлыка Windows к URL. Алгоритм добавления Web-страницы в качестве инструкции по вставке

1. Из адресной строки браузера Internet Explorer перетащить значок, расположенный слева от сетевого адреса (например, <http://www.autodesk.com>), на рабочий стол компьютера или в любую папку Windows.

2. Перетащить ярлык в графическую область, где открыт параметрический элемент.

3. Раскрыть в браузере папку **3rd Party**, щелкнуть правой кнопкой мыши на обозначении документа и выбрать **Placement Help** из контекстного меню.

Для замены Web-страницы следует удалить значок имеющегося документа в браузере и заново перетащить ярлык в графическую область. Редактирование имени ярлыка не изменяет самого адреса, куда указывает ссылка.

Если связанная Web-страница удалена или сменился ее адрес, то связь с ней нарушается, и в результате выводится сообщение об ошибке. Для того, чтобы свести вероятность потери связей с файлами к минимуму, HTML-документ и все его дополнительные файлы (например, графические) можно сохранить в один файл с помощью Microsoft Internet Explorer.

1. В Microsoft Internet Explorer выбрать **File/Open** найти нужный HTML-файл. Затем нажать кнопку ОК

2. Выполнить команду **File/Save As**

3. Раскрыть список **Save as Type** и выбрать тип файла **Web Archive for E-mail (\*.MHT)**

4. Нажать **Save** для внедрения одного MHT-файла в параметрический элемент.

5. В дальнейшем документ можно просматривать с помощью браузера нажатием кнопки **Information**

Для того чтобы избежать потери связей, созданный HTML-документ и все его дополнительные файлы можно сохранить в один файл с помощью Microsoft Internet Explorer. Для этого следует выбрать **File/Save As**, и затем в диалоговом окне указать тип сохраняемого файла.

Алгоритм использования местной помощи при вставке конструктивного элемента

1. Открыть файл детали, к которому будет добавлен конструктивный элемент.

2. На панели **Feature** щелкнуть по кнопке **Design Element**

3. Щелкнуть по кнопке **Insert Design Element**

4. Просмотреть папку и для выбора конструкторского элемента дважды щелкнуть по его пиктограмме

5. В диалоговом окне **Design Element** щелкнуть по кнопке **Information** для открытия документа местной помощи создавшим его приложением.

6. Следовать инструкциям в документе для размещения конструктивного элемента.

## 7.4 СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАЙЛА ЭЛЕКТРОННОЙ ТАБЛИЦЫ ПАРАМЕТРОВ

При разработке машиностроительных изделий проектировщику достаточно часто приходится работать с деталями, подобными друг другу за исключением размеров или специфических элементов - пружины, кронштейны, пластины, гайки, болты и т.д. Переменные таблиц управления напоминают переменные проекта, однако их имена и значения сохраняются в электронных таблицах Excel. Управляя версиями детали из внешней электронной таблицы, проектировщик получает возможность обрабатывать множество подобных деталей, использующих один чертеж - назначать переменные на параметрические размеры, которые контролируют основную деталь и затем использовать внешнюю электронную таблицу для управления размерами и формой детали. Электронная таблица может содержать несколько версий детали. Для отрисовки детали каждая версия использует значения переменных, которые были определены пользователем, связанны с ее версией.

**ВНЕШНЯЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ТАБЛИЦА** - это таблица, в которой конструктор/технолог может вносить изменения в технических требованиях к проекту, после создания чертежа. Управление параметрами деталью из таблицы исключает ошибки при проведении изменений, которые могут быть не проведены в большом количестве чертежей. Использование таблиц позволяет упростить документацию для всех версий путем распечатки чертежа одной основной детали и добавления электронной таблицы в чертеж, в которой перечислены значения для каждой версии.

Для задания нескольких значений одной переменной, которые могут быть переменными проекта обоих типов, используются строки столбца помеченного именем этой переменной. Переменные таблицы могут заменять переменные проекта в размерах эскиза или детали. Если для детали используется:

- переменная проекта, имя которой совпадает с именем переменной таблицы управления активной детали, то ее значение определяется значением переменной таблицы управления

- глобальная переменная, определенная в таблице управления, то при совпадении ее имени с именем переменной проекта активной детали применяются значения последней.

Допускается использование одних и тех же параметров во множестве моделей. Такие параметры целесообразно определять в файле электронной таблицы Microsoft Excel. Можно как связывать, так и внедрять такие электронные таблицы при работе с моделями.

В файле изделия можно поместить ссылку с файлом детали (.IPT). При нажатии кнопки **Link** и выборе необходимого файла детали он ассоциативно связывается с экспортированными параметрами из IPT-файла.

Созданный с помощью Microsoft Excel электронная таблица должна иметь следующий формат:

- данные могут начинаться с любой ячейки электронной таблицы
- данные могут располагаться в виде строк или столбцов. Обязательно сохранять следующий порядок: имя параметра, значение или формула, единица измерения, примечание
- имя параметра и его значение обязательны; остальные пункты не обязательны
- если для параметра не определены единицы измерения, при его использовании присваиваются установленные по умолчанию единицы измерения модели.
- в электронную таблицу наряду с параметрами можно включать прочую информацию, например заголовки колонок или строк; однако параметры должны располагаться в отдельной рабочей области.

После создания и сохранения файла электронной таблицы с параметрами ее можно использовать в любой модели детали или изделия.

1. Открыть файл модели в Inventor .
2. Выбрать **Tools/Parameters**
3. В диалоговом окне **Parameters** нажать кнопку **Link**. Выбрать файл Microsoft Excel (.XLS).
4. В диалоговом окне **Open** указать начальную ячейку содержащей параметры рабочей области.
5. Установить переключатель в положение **Link** или **Embed**. Выбирать **Link** при необходимости коллективного использования файла электронной таблицы параметров множеством файлов. Выбрать **Embed** для использования файла электронной таблицы параметров только в активной модели.

Изменение параметров в электронной таблице с помощью диалогового окна **Parameters** невозможно. Для изменения файл нужно открыть в Microsoft Excel . Для присоединенных и внедренных файлов процедура открытия одинакова:

1. Открыть с помощью Inventor модель, которая использует электронную таблицу.
2. В браузере развернуть папку **3rd Party**.
3. Дважды щелкнуть на изменяемой электронной таблице. Она будет открыта в окне Microsoft Excel.

### 7.5 КАТАЛОГ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Файлы параметрических элементов сохраняются в папках каталога. Функции работы с параметрическими элементами собраны в подменю, связанное с кнопкой **View Catalog**, расположенной в группе команд **Features**. Щелчок по этой кнопке вызывает открытие папки каталога в Проводнике Microsoft Windows. Для того чтобы открыть параметрический элемент, следует дважды щелкнуть мышью на файле этого элемента.

Пользовательские типовые конструкторские элементы хранятся в файлах элементов с расширением .IDE. Любой пользователь может открывать файлы элементов для просмотра библиотеки конструкторских элементов.

В Inventor предусмотрена возможность изменять конструкторские элементы

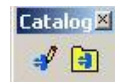
- в файле конструкторского элемента (\*.IDE):
  - изменять имена размерных параметров и подсказок
  - менять расположение элементов и подсказок
  - менять имена конструкторских элементов
  - добавлять, удалять или менять лимиты в параметрах размеров (значения **List** или **Range**)
  - добавлять местные подсказки
- в файле, куда этот элемент вставлен.
  - изменять параметры
  - выбирать другие части для расположения конструкторского элемента
  - вращать конструкторские элементы и их координатные системы
  - перемещать конструкторский элемент
  - редактировать эскиз конструкторского элемента для добавления, удаления или изменения размеров и элементов


Изменения файла конструкторского элемента (\*.ide) не приводят к его изменению в файле детали. Вообще, изменения любого конкретного конструкторского элемента не влияют на другие такие же элементы в этом или любом другом файле.

Поместить конструкторский элемент можно с помощью кнопки **View Catalog** на панели инструментов **Feature**. Для этого после щелчка по этой кнопке следует выбрать конструкторский элемент, который нужно разместить, затем перетащить его в файл детали. Откроется диалоговое окно **Insert iFeature**, и далее можно продолжать размещение конструкторских элементов согласно приведенному выше алгоритму.

В Inventor имеется возможность редактирования файла параметрического элемента и элемента, вставленного в деталь, с помощью каталога параметрических элементов

Алгоритм редактирования файла параметрического элемента:



1.Щелкнуть по кнопке  **View Catalog** на панели инструментов **Features**. Откроется диалоговое окно **Catalog** (по умолчанию встроенный каталог параметрических элементов располагается по адресу C:\Program Files\Autodesk\Inventor\Catalog)

2.В открывшемся диалоговом окне дважды щелкнуть на пиктограмме параметрического элемента

3.Для включения панели инструментов **Catalog** работы с параметрическими элементами выполнить команду **View/Toolbar/Catalog**

4.Щелкнуть по кнопке **Edit iFeatures**

5.В открывшемся диалоговом окне **Create iFeatures**, если необходимо, изменить размерные параметры, объекты для позиционирования и запросы.

6.Если необходимо, вставить документ для использования в качестве инструкции по вставке.





## ГЛАВА 8 МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОК

Понятие современной САПР подразумевает, что система проектирования поддерживает коллективную работу над проектом. Разработано достаточно большое количество программных продуктов, необходимых для эффективной организации коллективной работы. Но, несмотря на успехи в этом направлении, краеугольным камнем по-прежнему остаются сборочные единицы, согласованная работа над которыми в коллективном режиме дает наибольшее ускорение. Информационная среда для параллельного проектирования должна позволять работать над отдельными деталями сборки разным сотрудникам и быть способной предотвратить конфликты в модели сборки при детализации моделей, входящих в состав сборки.

Первое и необходимое условие ведения параллельных работ — параметризация сборочных моделей. Параметризация организует топологию модели, благодаря чему модель становится управляемой. Конечно, параметризация заставляет задуматься, ЧТО, собственно, строится. Однако в результате получаются более качественные проекты, которые легко состыковывать и модернизировать. Любое изменение размеров или параметров приводит к обновлению всех сборок и связанных деталей, причем не имеет значения, где было произведено изменение — в чертеже, сборке или в исходных параметрах (в схеме).

Inventor предназначен для работы с большими сборками, поэтому для экономии времени подгружается именно та графическая информация, которая необходима в данный момент работы с проектом. Программа позволяет редактировать детали и под сборки непосредственно в самой сборке, осуществляя контроль изменения геометрии узла во взаимосвязи с другими, уже прочерченными, и отслеживать их взаимодействие.

В режиме редактирования конкретной детали все прочие элементы сборки затушевываются серым цветом с сохранением отображения невидимых линий. В окне браузера ведения проекта подсвечиваются только необходимые для работы с данной деталью инструменты.

Новая технология работы со сборками, предложенная Autodesk, называется адаптивной (**adaptive**). Это означает, что геометрия сопрягаемых деталей зависит от размера или геометрии базовой детали; с изменением ее размера автоматически, без задания каких-либо дополнительных параметров, изменяется размер сопрягаемой детали.

В Inventor имеется возможность проектировать механизмы в эскизном представлении: сначала отрисовывается собственно кинематическая схема механизма, проверяется его функционирование в режиме анимации и лишь затем он преобразуется в объемное представление со всеми наложенными сборочными зависимостями.

Перемещение узлов механизма осуществляется посредством мыши. Степени свободы детали зависят от наложенных при сборке ограничений.

### 8.1 ПОНЯТИЕ О СБОРКАХ

Сборка представляет собой совокупность соединенных вместе компонентов, которая образует изделие, имеющее ярко выраженное назначение. Большинство машиностроительных сборок содержат в себе составные части, к которым относятся детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. Понятие составная часть относится только к конкретному изделию, в состав которого она входит. В зависимости от того, имеются ли в сборке составные части или нет, различают сборки:

- **не специфицированные** – это сборки, не имеющие составных частей. Не специфицированными сборками являются детали
- **специфицированные** – это сборки, состоящие из двух и более составных частей. К специфицированным сборкам относятся: сборочные единицы, комплексы, комплекты.

**КОМПЛЕКС** – это изделие, состоящее из двух и более специфицированных сборок, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. В комплекс кроме сборок, выполняющих основные функции, могут входить детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций.

**ИЗДЕЛИЕ** – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

**КОМПЛЕКТ** – это два и более сборки, не соединенные на предприятии изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор сборок, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

**СБОРОЧНАЯ ЕДИНИЦА** – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, запрессовкой, склеиванием и т.п.)

Состав сборочной единицы, комплекса или комплекта определяется спецификацией. **СПЕЦИФИКАЦИЯ** - это текстовый документ, расположенный на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по формам, установленным ГОСТ 2.108-68

Сборочный чертеж машиностроительных узлов должен содержать:

- изображение сборочной единицы, позволяющее осуществить ее сборку и контроль
- размеры и предельные отклонения, технические требования и другие параметры, которые должны быть выполнены или проконтролированы при выполнении сборки
- указания о методах и характеристиках неразъемных соединений (сварных, паянных и др.), если точность сопряжения достигается пригонкой или подбором
- номера позиций составных частей, входящих в сборку
- габаритные размеры сборки: длину, ширину, высоту; размеры перемещающихся частей механизмов в крайних положениях
- монтажные: размеры, определяющие взаимное расположение составных частей сборочной единицы
- установочные (присоединительные) – размеры, по которым данное изделие присоединяется к другому изделию или устройству
- другие необходимые эксплуатационные и справочные размеры: размеры «под ключ», диаметры проходных отверстий, число зубьев, модули и т.п.

Габаритные, установочные, присоединительные и размеры движущихся частей сборки относятся к справочным, поэтому их проставляют со звездочкой \*.

При необходимости сборочные чертежи могут содержать:

- дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей сборки
- справочные размеры деталей, определяющих характер соединения
- техническая характеристика сборки
- координаты центра тяжести

На сборочных чертежах допускается выполнять упрощения:

- типовые, покупные и другие широко применяемые сборки показываются внешними очертаниями
- на разрезах не рассеченными изображают составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи

На сборочных чертежах допускается не показывать:

- фаски, сопряжения, проточки, углубления, зазоры между стержнями и отверстиями
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части сборки. При этом над изображением делается соответствующая надпись, например: «Крышка, поз.3, не показана»
- видимые составные части сборок или их элементы, расположенные за сеткой или частично закрытые впереди расположенными составными частями
- надписи на табличках, шкалах и др. подобных деталях, изображая только их контур.

## **8.2 СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРОК**

Сборочная среда Inventor активизируется при создании нового или открытии уже имеющегося файла сборки и позволяет создавать сложные сборки из одиночных деталей и простых узлов, которые связываются между собою сборочными зависимостями.

Сборочная среда предназначена для:

- создание нового или открытие имеющегося файла сборки
- создание по месту или вставка в сборку деталей и узлов
- позиционирование компонентов относительно друг друга, конструктивных элементов и узлов с помощью сборочных зависимостей
- для создания конструктивных элементов, влияющих на сложные детали можно использовать такие инструменты как срез, отверстие и выемка
- редактирование компонентов, эскизов, конструктивных элементов, зависимостей, именованных видовых изображений и изменение статуса компонентов с помощью браузера
- импорт и экспорт деталей для использования этих деталей в других сборках
- анализ массовых свойств, проверка на пространственное пересечение компонентов, а также измерение расстояний между деталями
- превращение сборки в сварное соединение
- создание чертежей сборки и другой технической документации

Сборочная среда позволяет редактировать как отдельные детали, так и все изделие в целом, создавать из них сложные сборки, путем вставки в сборку созданных ранее деталей и их позиционирования относи-

тельно других компонентов с помощью сборочных зависимостей. В сборке рекомендуется группировать функционально связанные между собой детали в отдельный компонент (узел, подборку), который может быть вставлен в другие сборки, что позволяет упростить дальнейшее редактирование сложной сборки.

Для сборок со сложными деталями можно определить набор конструктивных элементов, которые принадлежат только данной сборке и влияют на сложные детали. Обычно создаваемые конструктивные элементы сборки описывают специфические производственные процессы.

Можно не только вставлять в сборку имеющиеся детали, но также создавать детали в контексте сборки, используя функции работы с эскизами и средства моделирования деталей. При создании или редактировании детали в контексте сборки все остальные компоненты этого сборки остаются видимыми.

**СБОРКА** — это набор связанных между собой деталей и узлов, далее, говоря о деталях и узлах одновременно, будет пользоваться термин компонент. **КОМПОНЕНТ СБОРКИ** - отдельные детали и узлы, рассматриваемые в качестве единого объекта. Например, несущая плита, выполненная в виде одной детали, и состоящий из нескольких деталей пневматический цилиндр, при вставке в файл сборки становятся компонентами этого сборки. Для того чтобы компоненты всегда были доступны при открытии файла сборки, необходимо задать пути ко всем компонентам в проекте сборки.

Функциональность и характеристики компонента зависят от его происхождения:

- **Компоненты Inventor.** Компоненты Inventor - узел или отдельная деталь созданные как в отдельных файлах, так и в контексте файла сборки. В узле можно редактировать составляющие его детали, а в отдельной детали — ее конструктивные элементы. На эскизы, используемые для создания конструктивных элементов, могут быть нанесены либо все, либо только некоторые размеры (недоопределенные эскизы, которые можно сделать адаптивными). Компоненты сборки могут быть сохранены в позиционных изображениях, которые содержат кинематические «кадры», используемые для изучения движения компонентов. В открытой сборке можно вызвать любое позиционное представление, сохраненное в файле сборки.

- **Интернет-компоненты (i-drop).** IPT-файлы Inventor и SAT-файлы можно загружать в сборки в качестве компонентов с помощью точек загрузки (i-drop), которые являются частью технологии совместной работы по сети, используемой данной организацией. IPT-файлы и SAT-файлы можно перетаскивать в открытый файл сборки Inventor с Web-сайтов, поддерживающих технологию i-drop. Вставленные таким образом компоненты не отличаются от всех других компонентов, и на них можно накладывать зависимости.

- **Детали Mechanical Desktop.** Детали Mechanical Desktop, вставленные в качестве компонентов в сборки Inventor, в основном аналогичны вышеописанным компонентам - на них можно накладывать зависимости, включать и отключать видимость и осуществлять другие операции. Однако редактировать такие детали в Inventor нельзя.

Каждая деталь Mechanical Desktop связывается с файлом сборки Inventor с помощью специального прокси-файла, в котором хранится информация о связи детали с изделием, используемая при обновлении компонента сборки при изменениях файла детали Mechanical Desktop. Если в деталь Mechanical Desktop внесены значительные изменения, то при обновлении сборки Inventor некоторые из наложенных на эту деталь зависимостей могут рассчитываться некорректно. Такие зависимости необходимо удалить и наложить заново.

- **Внешние компоненты.** В активную сборку Inventor могут быть вставлены компоненты, созданные в других САПР. Конструктивные элементы внешних компонентов нельзя редактировать (изменять их форму и размеры), однако можно добавлять новые конструктивные элементы.

Тип файла	Импорт
Mechanical Desktop	Вставка компонентов с использованием прокси-файла. При изменении файла Inventor обновляется соответствующий прокси-файл и файл сборки.
SAT или STP	Вставка в сборку Inventor твердого тела. Связь с исходным файлом не поддерживается.
Pro/ENGINEER	Преобразование файла в SAT-файл и вставка в сборку Inventor твердого тела. Связь с исходным файлом не поддерживается.

- **Адаптивные или несвязанные компоненты.** Для того чтобы удовлетворить предъявляемым к изделию требованиям, адаптивные детали и узлы могут изменять свои размеры и форму. При наложении на адаптивный узел зависимостей от других компонентов сборки, соответствующим образом подстраивается недоопределенная геометрия адаптивных деталей, входящих в узел. Если компонент содержит хотя бы одну адаптивную деталь, то все вхождения компонента в сборку делает ее адаптивной.

При необходимости можно сменить адаптивность на не связанность, что позволяет компонентам в сборке размещаться раздельно. Обычно такое свойство компонентов применяется, чтобы показать компоненты открытыми и закрытыми или растянуть их. Компонент не может быть несвязанным и адаптивным одновременно.

- **Детали, созданные в сборке.** При создании компонента по месту (в сборке) в эскизах этого компонента можно использовать геометрию других деталей (например, ребра или центры отверстий), позициони-

рование и размеры которых задаются в соответствии с этими объектами. При создании детали по месту может автоматически накладываться зависимость совмещения между плоскостью построения эскиза и гранью другого компонента, которая была выбрана для задания плоскости построения. При создании компонента по месту можно сделать его адаптивным, что позволяет автоматически подстраивать размеры и форму этой детали при изменении требований, предъявляемых к изделию.

- **Базовые компоненты.** Это любая деталь или любой узел сборки, у которого удалены все степени свободы и зафиксировано его местоположение в системе координат сборки. Базовый компонент не перемещается при наложении сборочных зависимостей, однако его можно сделать адаптивным, т.е. конструктивные элементы базового адаптивного компонента смогут изменять свои размеры или форму, однако позиционирование этого компонента остается постоянным.

Компонент, вставленный в сборку первым, автоматически становится базовым, что позволяет позиционировать последующие компоненты относительно первого. Если это необходимо, степени свободы базового компонента можно восстановить.

### 8.2.1 БРАУЗЕР СБОРКИ

Браузер показывает содержание сборки в виде дерева. Компоненты показаны в порядке, в котором они размещены в сборке.

В Inventor содержимое браузера соотносится с текущим файлом сборки. Дерево сборки верхнего уровня может быть расширено для того, чтобы показать детали и под сборки, размещенные в сборке. Если в папке сборки находится дополнительная деталь, это обозначается плюсом, щелчок по которому позволяет открыть папку, в папке под сборки перечисляются детали и другие под сборки, а для детали перечисляются элементы. Нет ограничений уровней вложения в браузер. В больших сборках пользователь может использовать ползунок лифта, размещенной сбоку и сверху окна браузера для просмотра дополнительных деталей.

Компоненты при размещении в сборке именуются автоматически (по именам их файлов). Если производится размещение нескольких вхождений одного компонента, то им присваиваются возрастающие номера. Пользователь может изменить имена компонентов в браузере, чтобы сделать их более описательными, но изменения не затронут имя исходного файла.

Браузер изделия можно отконфигурировать для выполнения набора связанных задач. Для этого следует воспользоваться меню **View** и кнопкой **Filter**, расположенной на панели инструментов браузера. Как в режиме работы со сборкой, так и в режиме работы с моделью можно скрывать и отображать рабочие элементы, примечания, документы и предупреждения. Также можно задавать режим, при котором в иерархической структуре отображаются только непосредственно подчиненные элементы, а не все дерево изделия. Поскольку в большой сборке в браузере может быть очень много элементов, можно использовать фильтр для управления видимостью. Между режимами работы **Assembly Tasks** и **Model Tasks** имеются следующие различия:

- **Assembly Tasks** - для работы над сборочными задачами, такими как размещение и связывание компонентов. В этом случае пользователь не связан с уровнем деталей, так как их иконки невидимы. Символы сборочных зависимостей отображаются для обоих компонентов, участвующих в зависимости. Конструктивные элементы деталей скрыты

- **Model Tasks** - для работы с деталями. Символы сборочных зависимостей отображаются в папке, расположенной сверху иерархической структуры браузера и все элементы дерева деталей перечислены. Конструктивные элементы детали вложены в папку этой детали (как в файле детали).

Для определения содержимого браузера:

1. Из меню в верхней части браузера выбрать режим работы с положением или с моделью.
2. Нажать кнопку **Filter**, для того чтобы скрыть/отобразить соответствующие элементы:

- **Hide Work Features** - скрыть рабочие элементы
- **Hide Notes** - скрыть примечания
- **Hide Warning** - скрыть предупреждения:

Для того чтобы включить режим отображения только непосредственно подчиненных элементов (и скрыть верхние уровни структуры изделия) установить флажок **Show Children Only**. Для того чтобы отобразить всю иерархическую структуру изделия, этот флажок следует снять.

Большинство функций сборки могут быть инициированы выбором опций из контекстного меню. Например, можно изменить видимость компонентов, статус выбора (для выбора или редактирования), состояние базовой детали или адаптированной, а также показать наличие степеней свободы. Поскольку имеется возможность изменять эти установки в любое время в течение сеанса редактирования, то их текущее состояние индицируется символом в браузере. Другие символы в браузере показывают ошибки в сборке.





Пользователь может принять к сведению информацию об этих связях или редактировать компоненты для устранения ошибок.

Проведение изменений в сборке во время процесса конструирования обычно включает добавление и позиционирование компонентов, изменение позиции ранее установленных компонентов или модификация зависимостей, которые могут быть поводом для приспособления деталей к изменениям размеров или изменении позиции. Сборка отражает изменения, которые пользователи произвели в отдельных частях или под-сборках каждый раз, когда открывается или обновляется файл.

Свойства компонентов представляются в виде текстовой информации, сохраняемой в файлах детали, подборок или сборки. При работе со сборкой свойства можно задавать как в режиме детали, так и в режиме сборки

## 8.2.2 ШАБЛОНЫ СБОРКИ

Файл сборки создается на основе шаблонов по умолчанию, которые имеются в Inventor или были созданы пользователем ранее. Стандартный шаблон, используемый при создании изделий, определяется выбором стандартных единиц измерения размеров в процессе установки Inventor, свойства файлов и другие умолчания для моделей. Кроме заданного по умолчанию шаблона, можно использовать и другие предопределенные шаблоны. Пользователь, в любой момент времени, может создать собственный шаблон и добавить его к шаблонам, предоставляемых Inventor. Допускается редактирование имеющихся и создание новых шаблонов пользователем.

В качестве шаблона может быть использован любой файл изделия. Файл изделия становится шаблоном при сохранении файла в папке *Templates*. В шаблоне могут быть заданы любые параметры, позволяющие упростить процесс создания изделий или устанавливающие значения, используемые по умолчанию.

- размер основных рабочих плоскостей, можно задавать в соответствии со средним размером изделий.
- для каждой системы единиц измерения можно создать свой шаблон, если в различных изделиях используются различные единицы измерения.
- при использовании стилей освещения и цветовых стилей, необходимо установить стили таким образом, чтобы они были доступны при возникновении необходимости.
- определить графы и формат для спецификаций.

Можно определить такие дополнительные свойства, как фамилия инженера-технолога, название проекта и фамилия руководителя, и сохранить их как часть шаблона. Конструкторские свойства могут быть использованы для поиска, слежения и управления файлами. Они могут быть так же применены для автоматического занесения информации в основные надписи и спецификации.

Для создания шаблона сборки необходимо выполнить действия по следующему алгоритму:

1. Создать новую сборку, используя существующий шаблон.
2. Установить единицы измерения по умолчанию.
3. Если необходимо, изменить размеры исходной рабочей плоскости для лучшего соответствия часто применяемым размерам сборки.
4. Установить свойства для файла.
5. Сохранить файл в папке *Templates* или во входящей папке. Файл сборки автоматически становится шаблоном, когда он сохранен в папке *Templates*.

Файл *standard.iam* хранящийся в папке шаблонов является по умолчанию шаблоном сборки. Для перезаписи шаблона по умолчанию, требуется удалить *standard.iam* и заменить его созданным файлом шаблона с тем же самым именем.

Алгоритм создания файла новой сборки:

1. Выполнить команду **File/New**
2. В открывшемся диалоговом окне выбрать шаблон *Standard.iam*
3. В контекстном меню панели специальных инструментов **Assembly** выбрать панели инструментов:
  - 3.1. для создания в сборке твердотельных деталей используются панели **Sketch** и **Features**
  - 3.2. для построения в сборке деталей из листового металла применяются панели **Sketch** и **Sheet Metal**
  - 3.3. для помещения в сборку детали из файла в формате SAT или STEP с возможностью ее редактирования используется панель **Solid**
  - 3.4. для скрытия на панелях текста, поясняющего назначение инструментов панели, выбирается команда контекстного меню **Expert**

Свойства окружения управляют характеристиками индивидуального окружения детали или подборок в сборке. Чтобы задать свойства окружения требуется:

1. Щелкнуть по имени элемента в браузере
2. В контекстном меню элемента выбрать команду **Properties**.
3. Щелкнуть по вкладке **Occurrence**

4. Если нужно, Ввести содержательное имя для замены имени по умолчанию.

5. Установить флажок **Visible**, чтобы сделать деталь видимой в графическом окне. Убрать флажок для того, чтобы сделать ее невидимой.

6. Выбрать опцию **Enabled**, чтобы дать возможность выбирать элемент в графическом окне. Убрать флажок, чтобы убрать такую возможность.

7. Установить флажок **Adaptive** для того, чтобы позволить элементу изменять форму и размер, приспособившись к наложению связей. Убрать флажок, чтобы сделать элемент неизменяемым. Статус детали или входящей сборки **Adaptive** управляет всеми вхождениями детали в сборке. Когда элементы адаптивной детали изменяют размеры, все вхождения этой детали в других сборках также изменяются.

8. Флажок **Grounded** удаляет/восстанавливает все степени свободы из вхождения.

9. В поле **Color Style** щелкнуть по направленной вниз стрелке и выбрать желаемый цвет из предложенного списка.

10. Если нужно, задать точную позицию вхождений исходной детали относительно исходной сборки. Ввести значения отступа или угол для координат X, Y и Z.

Точные значения являются временными, если вхождение не закреплено. Эти значения перезагружаются, когда незакрепленное вхождение перемещается, вращается или привязывается к закрепленному компоненту.

Исключая текущие команды **Offset from Parent Assembly Origin** (отступ от начала исходной последовательности), **Color Style** (цветовой стиль) или **Name** (имя), можно установить свойства вхождения из контекстного меню. В контекстном меню вхождения наличие галочки рядом со свойством указывает на статус **On**, удаление галочки переключает в статус **Off**.

По команде **View/Refresh** отражаются изменения, внесенные пользователями с тех пор, как был открыт файл сборки. Внесенные изменения сохраняются:

- по команде **File/Save** и **File/Save Copy As**, чтобы сохранить изменения в сборке. Inventor подскажет о необходимости сохранения любых изменений в компонентах. При сохранении по команде **Save Copy As** измененный файл сохраняется под новым именем, но пользователь продолжает работать в текущем файле

- если во время изменения детали на месте выбрана команда **Save**, то файл детали будет сохранен с новыми изменениями. Если после редактирования детали на месте вернуться на уровень сборки, то при сохранении этого файла или выходе из сборки поступит подсказка о необходимости сохранения изменений, сделанных на месте

- по команде **File/Save All** сохраняются все открытые файлы. Пользователь, если будет необходимость, получит подсказку с именем файла. Это наиболее удобный способ работы, так как всегда имеется уверенность в том, что сохраняются все внесенные изменения

При выборе команд **Save**, **Save Copy As**, или **Save All** изменения в файлах относятся к исходным файлам в текущей папке. Если пользователь вводит другое имя файла или задает иную папку, то новый файл создается в новой директории, а исходный файл не меняется. Команда **Save Copy As** позволяет сделать "снимок" текущего состояния сборки и сохранить его в файле с новым именем. В отличие от команды **Save As** в Windows после выполнения команды **Save Copy As** пользователь остается в текущем файле, а не в измененном.

Файлы, сохраняемые в процессе проектирования сборок, имеют следующие расширения:

- изменения, сделанные в отдельных деталях, сохраняются в файлах с расширением \*.ipt
- изменения, сделанные во взаимоотношениях между компонентами в сборке сохраняются в файле сборки с расширением \*.iam.

- конструкторские виды по умолчанию и создаваемые именованные конструкторские виды сохраняются в файле конструкторских видов с расширением \*.idv. Обычно, по умолчанию этот файл имеет то же имя, что и файл сборки

В процессе разработки модели достаточно часто приходится использовать кнопку **Undo** для отмены некоторых внесенных изменений, но имеется некоторый риск:

- кнопка **Undo** отменяет действия, выполненные во время текущего сеанса редактирования, начиная с последнего сделанного. Пользователь может отменить изменения, сделанные во многих открытых файлах (также в прошлых сеансах), можно также отменить действия после того, как файл был сохранен, если файл после сохранения не перемещался и не переименовывался. Можно сохранить этот файл снова для сохранения текущего состояния сборки

- использование этой кнопки может привести к уничтожению изменений, которые требовалось сохранить. Если нет уверенности, то лучше сохранить изменения по команде **Save Copy As** для создания «моментального снимка» файла перед его изменением

- когда файл закрывается а затем снова открывается, сеанс **Undo** начинается сначала, и уже тогда нет возможности отменить любые изменения, сделанные до закрытия файла

### 8.2.3 ФАЙЛ СБОРКИ

**ФАЙЛ СБОРКИ** – это файл, содержащий локальные (находящиеся в файле сборки) и внешние (хранящиеся в других файлах) детали, и используемый для связывания деталей (объединения набора деталей или частичных сборок в файле сборки) и сохранения информации об их взаимном расположении (добавление к компонентам необходимых ограничений сборки). Сложные сборки, состоящие из большого числа компонентов, на практике создаются из частичных сборок, которые содержат гораздо меньше элементов. Поэтому сборка описывается файлом сборки (файл, содержащий несколько деталей) или набором файлов деталей или сборок, определяющих компоненты сборки.

В файлах деталей хранится информация о 3D-объектах, а в файлах сборок – данные о компонентах и о их взаимном расположении. Поскольку файлы деталей, хранящие определения твердотельных компонентов, связаны с файлом сборки, любые изменения, вносимые в файлы деталей, автоматически переносятся в сборку.

В файле сборки компоненты могут свободно поступательно перемещаться в трех направлениях и вращаться вокруг трех осей. Их можно перемещать и поворачивать так же, как это делается с реальным объектом. Для ограничения движения и корректного выравнивания компонентов относительно друг друга в сборке используются т.н. ограничения сборки.

Файл сборки предназначен для размещения и создания компонентов, добавления сборочных конструкций, и проведение адаптивного конструирования. Основные этапы создания сборки.

- создание рабочего пространства
- размещение внешних деталей в новом файле сборки
- изменение цвета компонентов для облегчения работы с ними
- сборка компонентов и определение возможной степени свободы
- добавление дополнительных компонентов для ограничения перемещений
- сохранение сборочного вида для дальнейшей работы

Компоненты, внесенные или созданные в сборке, формируют дерево сборки в окне браузера, причем файлы компонентов связываются с файлом сборки. Поэтому в окне браузера компоненты выглядят как объекты файла сборки. Иерархия объектов в дереве отражает последовательность их внесения или создания в сборке. Компонент, созданный или внесенный в сборку на раннем этапе, занимает в дереве более высокую позицию. После наложения зависимостей, компонент, расположенный ниже по дереву (если он не заземлен), будет перемещен в сторону объекта, занимающего более высокое положение в дереве. Положение компонента в иерархии может быть изменено с помощью буксировки мышью в новое положение.

В крупных сборках, состоящих из большого числа компонентов, компоненты могут быть объединены в частичные сборки (подсборки) меньшего размера. Для включения компонента в подсборку его необходимо выбрать в дереве браузера, и в контекстном меню выбрать команду **Demote**, которая обеспечивает понижение ранга. Для повышения ранга компонента, т.е. перемещение компонента из частичной сборки в основную, необходимо в контекстном меню компонента выбрать команду **Promote**.

Для редактирования твердотельной детали следует перейти в режим детали двойным щелчком мыши по ее имени. Для возврата в режим сборки следует дважды щелкнуть по имени сборки в дереве браузера.

## 8.3 ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРОК

Последовательность объединения набора компонентов в сборку зависит от выбранного метода проектирования. При создании файла сборки проектировщик либо добавляет в него компоненты, уже входящие в состав сборки, либо создает новые компоненты по мере необходимости, либо одновременно и добавляет существующие детали, и создает новые. Поэтому при моделировании сборочных узлов, состоящих из набора компонентов, применяются методы:

- сверху вниз. Сборка «снизу вверх» аналогична реальной сборке «с гаечным ключом», когда имеющиеся детали последовательно собирают в файл сборки;
- снизу вверх. Сборка «сверху вниз» напоминает процесс рождения и формирования идеи: от общей схемы через набор составляющих и их связей к целостному представлению;
- комбинированный, являющийся сочетанием этих способов.

При традиционном проектировании конструкторы и инженеры создают общую схему сборки, разрабатывают отдельные детали, и только после этого собирают все вместе. С помощью Inventor процесс проектирования можно модернизировать, создавая детали «по месту» или используя в проектируемых сборках уже существующие детали. Методология проектирования, при которой основой является изделие, позволяет применять любые стратегии проектирования: снизу вверх, сверху вниз и вверх-вниз от середины.

Ранее давалось определение производной детали. При создании трехмерных сборок достаточно часто, особенно в условиях вариантного проектирования, применяется производный узел. **ПРОИЗВОДНЫЙ УЗЕЛ** —

это компонент, основанный на другом имеющемся узле. В производном узле можно объединять детали в одно тело, а также вычитать одну деталь из другой (подразумевается логическое вычитание). Использование производных узлов при моделировании сверху вниз упрощает визуализацию, помогает избежать ошибок и значительно сокращает время проектирования.

В Inventor к созданию сборки можно приступить на любой стадии процесса проектирования (не только в конце). Если проектирование начинается *с чистого листа*, то вначале создается пустое изделие, которое последовательно заполняется деталями. Если дорабатывается уже имеющееся изделие, новые детали создаются «по месту» — так, чтобы они хорошо сопрягались с уже имеющимися деталями. Когда деталь создается «по месту», в качестве плоскости построений для новой детали выбирается грань имеющейся детали. Лучше всего для этих целей выбирать грань, сопряженную с будущей деталью. Замкнутый контур, ребро или несколько ребер одной детали можно спроецировать в эскиз другой детали. Тогда, если геометрия первой детали претерпевает изменения, то эскиз другой детали повторяет их.

**СБОРКА "СВЕРХУ ВНИЗ".** Данный метод создания сборок предназначен для моделирования процесса сборки из деталей, находящихся в одном файле. В дальнейшем, эти детали могут быть превращены во внешние детали, и заменены в сборке ссылками на файлы. Достоинство такой сборки заключается в том, при хранении всех деталей в одном файле упрощается управление процессом сборки. Недостаток – значительный объем файла и, соответственно, большие затраты времени на моделирование сборочного узла.

Обычно этот метод используется, когда проект мысленно проработан, но конструктор еще не достаточно хорошо представляет подробности конкретных деталей. Поэтому данный метод создания сборок предназначен для моделирования процесса сборки из деталей, находящихся в одном файле. Согласно этому методу вначале открывается файл сборки, в котором вновь создаваемые компоненты добавляются постепенно к формируемой сборке. В дальнейшем, эти детали могут быть превращены во внешние детали, и заменены в сборке ссылками на файлы.

**Преимущество** такой сборки в том, при хранении всех деталей в одном файле упрощается управление процессом сборки. Кроме того, конструктор, работая над конкретной деталью, постоянно видит остальные детали и всегда имеет возможность переходить от детали к детали, продолжая уточнять их конструкцию. **Недостаток** – значительный объем файла и значительное замедление процесса моделирования сборки.

Алгоритм создания сборок и подборок методом "сверху вниз" подобен формированию деталей. Проект сборки обычно начинается как полный концептуальный проект, т.е. проектировщик может знать, как собираются детали, но можете не знать всех подробностей по каждой детали.

1. Определить идею проекта
2. Решить, будут ли создаваться новые детали или будут использованы существующие
3. Разместить сборку. Прежде, чем начинать моделирование сборки, следует определить, как она должна быть расположена.
4. Создать основную деталь.
5. Создать оставшиеся детали.
6. Создать сборку и под сборки.
7. Проанализировать сборку.
8. Изменить сборку при необходимости.

**СБОРКА «СНИЗУ ВВЕРХ».** Данный метод сборки применяется для сборок, все детали которых. находятся в отдельных файлах, т.е. такой метод сборки применяется для сборок, все детали которых являются внешними, т.е. находящимися в отдельных файлах. До последнего времени такой тип сборки доминировал в процессе проектирования сборок. Это связано, прежде всего, с тем, что программные инструменты для ее осуществления были реализованы в программных продуктах раньше.

Метод создания сборок «снизу вверх» используется, когда конструктор достаточно хорошо понимает, каковы окончательные размеры и формы компонентов сборки, или когда проектирования производится в составе группы конструкторов, и, тем более, в условиях разработки проекта "виртуальным" конструкторским бюро. Основной принцип моделирования сборки «снизу вверх» заключается в том, что в файле сборки создаются ссылки на файлы, содержащие отдельные детали - вначале создаются все компоненты сборки, которые затем объединяются в файле сборки. Обычно, проектировщик создает новый файл сборки, непосредственно в котором создаются детали и частичные сборки моделируемой сборочной единицы.

Алгоритм создания сборки методом «снизу вверх»

1. С помощью параметрических методов создания моделей твердых тел в отдельном файле создается каждая деталь, входящая в состав сборки
2. Создается файл сборки
3. В файл сборки вносятся детали, объединяемые в сборку.
4. Производится выравнивание компонентов (наложение сборочных ограничений) в сборке за счет применения к ним требуемых ограничений сборки.
5. После получения модели сборочного узла производится ее анализ



6. По результатам проведенного анализа детали могут подвергаться необходимым изменениям.

Если в каком-то внедряемом файле содержится несколько деталей, то в этом случае они воспринимаются как частичная сборка. Если в файлах имеются какие-либо чертежные виды, то они в файл сборки не переносятся.

Достоинство такого метода сборки заключается в значительном сокращении размера файла сборки, а также в наличии возможности использовать отдельные детали в других сборках. Недостаток – усложнение процедур управления файлами.

**КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ СБОРКИ.** На практике редко используется лишь один конкретный подход. Обычно метод "снизу-вверх" применяется для создания стандартных компонентов и новых деталей, конструкция которых ясна, а метод "сверху вниз" – для разработки новых компонентов, связанных с уже существующими. Именно такое совместное использование двух методов называется комбинированным (гибридным) методом.

**СБОРКА «ОТ ЦЕНТРА НАРУЖУ».** При проектировании к моделям предъявляются определенные требования и при их проектировании применяются стандартные компоненты. Но создание новых проектов может потребовать использование новых стратегий. Такая комбинированная стратегия называется «из центра наружу».

Обычно проектирование сборки начинается с определенных компонентов, к которым добавляются все остальные. Проектировщик анализирует цель проекта и создает или вставляет базовые компоненты. По мере продвижения работы над проектом проектировщик создает новые или использует уже существующие компоненты.

Если новые детали или узлы могут быть использованы в других сборках, их принимают как адаптивные. Если нужно изменить размеры или положение конструктивных элементов, их принимают как безразмерные. Форму и размеры конструктивного элемента можно изменить при наложении зависимости между ним и другим компонентом. При внесении изменений в деталь каждое изменение можно сохранять в отдельном файле.

**БАЗОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ.** Сборки создаются из индивидуальных деталей или сгруппированных в подсборки. Трехмерные твердотельные сборки могут состоять из двух или более деталей или подсборок. Подобно элементам детали, детали и подсборки работают как компоновочные блоки. Inventor формирует такие отдельные детали и подсборки в иерархическую сборку в соответствии с наложенными зависимостями. Как и при моделировании деталей, параметрические зависимости позволяют быстро модифицировать всю сборку при изменении одной из ее деталей.

Когда создается файл сборки, детали могут создаваться в сборочном чертеже или на основании ссылок на внешние файлы. Использование внешних ссылок дает большую гибкость при управлении сборкой. Если необходимо сделать изменение в любой из деталей, то проектировщик может открыть файл отдельной детали и сделать в ней изменения. Поскольку при работе с Inventor могут быть открыты более одного чертежа, то конструктор может сразу увидеть внесенные изменения в файле сборки. Кроме того, обеспечивается возможность редактирования внешних ссылок, находясь в файле сборки. Это особенно полезно в небольших сборках. В зависимости от ресурсов используемой системы, можно редактировать внешние файлы отдельно, если они принадлежат большой сборке.

Основной принцип моделирования сборки на основе внешних ссылок заключается в том, что в файле сборки создаются ссылки на файлы, содержащие отдельные детали. Если в каком-то файле содержится несколько деталей, то в этом случае они воспринимаются как частичная сборка, а если в файлах имеются какие-либо чертежные виды, то они в файл сборки не переносятся.

Сборки создаются из деталей и подсборок и используются для представления того, как детали совмещаются вместе для определения модели. После объединения компонентов в сборку, они могут свободно перемещаться. Для установления правильных пространственных отношений между деталями применяются ограничения сборки – на детали и подсборки накладываются трехмерные сборочные зависимости для уменьшения возможности их перемещения и вращения. Варьируя параметры ограничений сборки, введенных для компонентов, можно осуществить анимацию сборки.

При создании набора компонентов для сборки особенно важными становятся относительные размеры деталей и их взаимное расположение. При этом желательно выяснить, корректно ли сопряжены примыкающие друг к другу детали. Если они пересекаются, то следует найти точки пересечения и исправить размеры или расположение деталей. После завершения формирования сборки, выполняется проверка на наличие соударения и, при необходимости, рассчитать масс-инерционные характеристики деталей, чтобы обеспечить их требуемую структуру.

На последнем этапе разработки сборок создается документация к проекту. Для облегчения визуализации конструкции, проектировщик может скорректировать или провести точную подстройку сборки и добавить направляющие, чтобы показать, как детали собираются. Затем создаются чертежные виды, и добавля-

ется информацию, типа справочных размеров и аннотаций, перед выводом сборочного чертежа на печать. Определяются сцены для видов чертежа и, затем, добавляется заключительное аннотирование.


Важным условием правильного построения параметрических моделей и сборок являются логичные непересекающиеся отношения «предок — потомок». Другими словами, хронология модели или сборки, то есть последовательность создания элементов и их связей, позволяющая легко редактировать процесс создания модели, должна быть логичной и не содержать рекурсивных ссылок. Порядок, в котором создаются детали и узлы, зависит от ответов на следующие вопросы:

- необходимо ли создавать новое изделие или можно модифицировать уже существующую разработку?
- можно ли разделить большое изделие на составляющие его узлы?
- можно ли использовать имеющиеся детали и параметрические элементы?
- какие зависимости определяют функциональность сборки?

### 8.3.1 СОЗДАНИЕ И/ЛИ ВСТАВКА БАЗОВОГО КОМПОНЕНТА

Большинство сборок содержат комбинацию исходных компонентов и компонентов (деталей и подборок), созданных в сборочном окружении. Когда детали создаются на месте, то пользователь может использовать элементы других деталей (таких как грани или центр окружности) в эскизах элементов. Детали, базирующиеся на существующих элементах, имеют размеры и размещение, соответствующее этим элементам. Детали, созданные на месте, автоматически имеют привязку между плоскостью черчения XY и плоскостью детали, которая была начерчена.

Сборочные компоненты могут быть индивидуальными деталями, элементы которых могут изменяться, или подбороками, детали которых могут редактироваться, рассматриваемые в этом случае, как обычные детали. Поведение и характеристики компонентов зависят от их конструкции.

**БАЗОВЫЙ КОМПОНЕНТ** – первый, размещаемый в сборке компонент, созданный непосредственно в сборке, либо вставленный уже имеющийся компонент, не имеющий ни одной степени свободы. Это основная деталь/узел сборки (например, опорная плита, корпус или каркас), к которой крепятся все другие детали и узлы. В браузере базовый компонент помечается специальным значком в виде кнопки .

Базовые тела отличаются от других моделей Inventor:

- первый компонент сборки является базой, относительно которой ориентируются все другие детали и узлы сборки. Все степени свободы первого компонента удаляются
- в сборке может быть сколько угодно базовых компонентов, однако в большинстве случаев достаточно иметь только один базовый компонент
- местоположение и ориентация базовой детали или базового узла фиксированы в системе координат сборки. При необходимости можно восстановить степени свободы фиксированного компонента и переместить его, при этом все связанные с ним компоненты перемещаются соответствующим образом
- не существует возможности изменять эскизы, конструктивные элементы, размеры и зависимости, использованные при создании базового тела
- пользователь может перемещать грани базовых тел, а также создавать рабочие элементы для их последующего использования в качестве вспомогательной геометрии
- опции, используемые при создании первого компонента, отличаются от опций, предлагаемых при создании всех последующих компонентов. На все остальные экземпляры зависимости не накладываются
- добавлять компоненты в модель сборки рекомендуется именно в том порядке, в котором производится сборка реальной сборки
- базовый компонент можно сделать не базовым, и наоборот. Для этого нужно вставить требуемый компонент в сборку, сделать его базовым и наложить зависимости между ним и другими компонентами сборки. Для того чтобы наложить зависимость между новым базовым компонентом и первым компонентом сборки, требуется выбрать первый компонент, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Grounded** в контекстном меню. После этого местоположение и ориентация компонента относительно других компонентов задаются с помощью зависимостей.

Редактирование базовых тел:

- можно симметрично увеличивать или уменьшать базовое тело, а также перемещать и удалять его грани. После того, как на основе базового тела созданы конструктивные элементы и эскизы, базовое тело можно удалить. Конструктивные элементы и эскизы при этом сохраняются
- сохранение грани удаленного базового тела для последующего использования в качестве контура.
- создание рабочих элементов, используемых в качестве вспомогательной геометрии.
- для активизации среды моделирования тел и отображения соответствующих панелей следует выбрать тело в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Edit** из контекстного меню. Завершив изменения, следует нажать **Update** для внесения изменений и закрытия среды моделирования тел.

Алгоритм вставки первого компонента сборки:

1. Для создания нового файла сборки нажать кнопку **New** на стандартной панели инструментов
2. Выбрать шаблон сборки **Standard.iam** и нажать **OK**
3. Чтобы вставить первый компонент, нажать кнопку **Create Component** на панели инструментов **Assembly**
4. Открыть папку, в которой содержится требуемый компонент, выбрать его и нажать **Open**
5. Вставить требуемое количество вхождений компонента, затем щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done** из контекстного меню

Для восстановления имевшихся у базового компонента до его вставки в сборку числа степеней свободы, необходимо в его контекстном меню удалить галочку возле слов **Grounded**. Затем компонент (уже не базовый) можно переместить в новое положение и для фиксации нового положения в контекстном меню снова установить галочку **Grounded**.

Для ввода точных перемещений координат относительно исходных сборочных координат:

1. Выбрать компонент.
2. В контекстном меню убрать галочку напротив слов **Grounded**
3. В контекстном меню выбрать команду открытия диалогового окна свойств **Properties**
4. В диалоговом окне **Properties** открыть вкладку определения свойств вхождения **Occurrence**
5. В диалоговом окне задания текущего отступа от начала координат сборки **Current Offset from Parent Assembly Origin** ввести отступ от осей X, Y и Z.

### 8.3.2 АДАПТИВНЫЕ СБОРКИ

Как описывалось ранее, Inventor поддерживает традиционный параметрический метод моделирования, при его использовании которого взаимосвязь между элементами конструкции устанавливается за счет решения уравнений для размерных цепочек соответствующих взаимосвязанных частей этих элементов.

Для облегчения понимания адаптивности сборки и ее компонентов следует напомнить некоторые понятия:

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ** - связь, которая определяет конфигурацию объекта в терминах ранее созданных объектов. Например, элемент В параметрически определен, как смещенный относительно объекта А. Это означает, что если перемещать объект А, то переместится и элемент В. Однако перемещать непосредственно объект В невозможно.

**ВАРИАЦИОННАЯ СВЯЗЬ** - неориентированная связь между двумя или больше объектами. Порядок создания объектов не влияет на воздействия при редактировании. Например, объекты А и В определены, как параллельные на определенном расстоянии друг от друга. Вы можете перемещать любой объект (А или В), при этом другой объект также будет перемещаться.

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ** - моделирование с использованием «разумных» объектов. До появления объектно-ориентированного проектирования, модели представляли собой только набор граней, узлов и поверхностей. Объектно-ориентированные модели состоят из «разумных» объектов, имеющих определенные свойства, например, детали крепежа (болт, шайба, гайка), отверстия, фаски или конструктивно-технологические элементы.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СБОРКИ** - модели сборочных узлов, в которых элементы различных деталей взаимодействуют между собой, формируя статические и динамические связи. Параметрическая связь между различными деталями позволяет элементам одной детали управлять размером и формой элементов другой детали. Как сказано выше, параметрические связи направлены. Например, вырез на детали В определяет размер бобышки на детали А. Если изменить вырез, изменится бобышка, но не наоборот.

**АССОЦИАТИВНОСТЬ** - все современные системы CAD используют одну или несколько вышеупомянутых технологий. Ассоциативность - обобщенный термин, который используют при описании различных аспектов твердотельного параметрического моделирования.

**ХРОНОЛОГИЯ** - история создания модели - в ядре всех современных систем CAD. Хронология связывает вместе отдельные элементы модели и их связи, позволяя просматривать и легко редактировать процесс создания модели.

Высокая производительность Inventor достигается за счет адаптивного механизма моделирования, являющегося основой системы, основанного на применении технологии сегментированной базы данных. База данных систематизирует данные, находящиеся на диске для быстрого поиска и сегментирования данных таким образом, чтобы можно было считывать с диска только требуемые данные. Современные системы моделирования обычно имеют структуру данных, которые включают реквизиты файла, параметры отдельных элементов, связи, дерево хронологии, и опти-





мизированную графическую информацию. Эти данные обычно располагаются на жестком диске и беспорядочно смешаны на каждой странице памяти (верхний пример на рисунке). В Inventor данные располагаются по деталям и используемым категориям, тем самым оптимизируя поиск данных и их использование. Для дальнейшего увеличения скорости выполнения операций моделирования, адаптивный механизм моделирования интеллектуально загружает в память компьютера только те данные, которые необходимы для выполнения конкретной операции.

На рисунке показано, как в начале сеанса моделирования в память компьютера были загружены только графические данные. Поскольку сеанс проектирования включал создание или редактирование нескольких деталей, система автоматически загружала другие требуемые сегменты данных. Такой подход минимизирует размеры файла подкачки и увеличивает эффективность системы.

Таким образом, адаптивный механизм моделирования решает сложную проблему 3D CAD-систем - ограничение эффективности и пропускной способности как аппаратных средств, так и программного обеспечения при работе с большими сборками. Эти проблемы вынуждают проектировщиков к проектированию больших сборок по частям. Inventor обеспечивает проектирование больших сборок целиком и при этом значительно ускоряет доступ конструктора к информации. Например, проектируя в Inventor, конструктор может начинать работу со сборки верхнего уровня, затем в этом же сеансе работы переходить к проработке отдельных деталей или сборочных единиц. Доступ к необходимым для редактирования данным происходит в 2 - 10 раз быстрее, чем в других популярных системах.

В большинстве систем твердотельного моделирования создание и редактирование модели происходит с использованием:

- вариационных связей для позиционирования деталей относительно друг друга
- параметрических связей для определения формы и размера элементов отдельных деталей.

В этом случае возможно возникновение проблем, связанных с тем, что

• порядок, наложенный параметрическими связями, ограничивает гибкость при внесении изменений в проект. Порядок создания конструктивных элементов часто произволен и впоследствии мешает изменениям деталей.

• переопределение хронологии операций, само по себе ограничено существующими связями, таким образом изменять хронологию построений можно лишь в определенных пределах.

Можно привести пример, иллюстрирующий возникновения таких проблем: например, создана деталь А - плита с отверстием. Затем создан вал В, диаметр которого параметрически связан с отверстием в плите. Если перемещать отверстие или изменять его диаметр, то вал будет изменяться соответственно.

Предположим, в процессе проектирования выяснилось, что параметры вала более важно определить по другой детали, кронштейну С. В такой ситуации необходимо переопределение зависимостей, что в большинстве систем связано с большими затратами времени. Вал должен быть перепроектирован с параметрами детали С, и отверстие в плите А тоже частично должно быть переопределено. Поскольку такие ситуации возникают в процессе создания модели довольно часто, на процесс переопределения связей уходит значительная часть драгоценного времени.

**АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЕМ** – метод создания твердых тел, при котором изменение размеров элемента одной детали, вызовет соответствующее изменение размеров элемента другой детали. Адаптивная технология обеспечивает точную подгонку размеров детали под размеры других деталей без задания точных размеров или создания взаимосвязей. Например, если диаметр болта связан с диаметром отверстия, то при изменении диаметра болта произойдет соответствующее изменение диаметра отверстия.

Адаптивной может быть только недоопределенная геометрия, что позволяет заданным геометрическим элементам изменять свои размеры, в то время как размеры и позиционирование управляющих элементов остаются неизменными. Например, можно создать выдавленный элемент, но оставить неопределенной глубину выдавливания. Адаптивное размещение позволяет при проектировании сборки сконцентрироваться на его функциональности, а не на форме. Размеры и форма существующих деталей могут быть приспособлены для использования в более чем одной сборке с помощью применения адаптивной геометрии, при которой геометрия деталей может изменять свои размеры и положение в зависимости от контекста, в котором эта геометрия используется.





Технология адаптивного моделирования позволяет:

- легко определять размеры детали и её форму в контексте сборки без возникновения любых непредвиденных проблем взаимных связей между деталями сборки. Это достигнуто за счет исключения зависимых параметрических связей, и использования вместо них вариационных связей для определения размеров детали, её формы, и позиции в сборке
- вставлять детали, подстраивая их размеры под размеры других деталей сборки
- создавать новые детали «по месту», подстраивая их размеры под размеры других деталей сборки
- модифицировать изделие, автоматически обновляя при этом размеры деталей.

Современные версии Inventor отходят от чисто параметрического подхода к конструированию за счет использования метода непосредственной вставки и подгонки элементов, названного **АДАПТИВНОЙ СБОРКОЙ**. Позволяет определять связи между элементами модели без потребности в параметрах или уравнениях. При работе с адаптивными сборками необходимо просто определить те поверхности, которые соединяются вместе или взаимодействуют друг с другом. В таком случае пользователь освобождается от обременительной работы по упорядочению параметрических зависимостей, в результате задания которых появляются конструкции, которые не могут быть изменены. Адаптивные сборки независимы от хронологии и определяют связь без ограничений направленных связей.

В Inventor при создании модели конструкции из отдельных узлов и сборок, реализована процедура обеспечения их строгой взаимосвязи друг с другом для последующей точной сборки общей конструкции в целом. Пользовательская модель дает возможность разрабатывать конструкции узлов и механизмов независимо от конфигурации конструкции, ее параметров или размеров. Это делается путем определения критериев сборки деталей. Термин «соответствие» базируется на том, как узлы и детали должны располагаться в сборках. При этом автоматически определяются размеры и пространственное расположение деталей. Этот подход в реализации технологии моделирования значительно превосходит традиционные параметрические или вариационные модели тем, что он позволяет непосредственно устанавливать взаимосвязи между элементами в сборочных единицах независимо от порядка и времени их создания. С появлением технологии адаптивного конструирования, реализованной в Inventor, больше не требуется с большой точностью прорисовывать все элементы конструкции каждой детали. Их конфигурация определяется непосредственно в сборках на основе того, как отдельные детали стыкуются друг с другом.

Инструментальные средства Inventor с механизмом адаптивных данных позволяют пользователю быстро открывать и работать с моделями сборок больших размеров, включающих много узлов, подузлов и деталей. В отличие от традиционных средств конструирования сборочных узлов и отдельных элементов механических систем, механизм адаптивных данных в Inventor использует сегментированную базу данных, что дает возможность быстро, автоматически открывать часть сборки. В результате такого подхода к реализации технологии конструирования обеспечиваются очень высокие временные и эргономические характеристики этого процесса.

Адаптированные детали могут быть полезны, поскольку они приспособляются к изменениям конструкции. После вставки в сборку деталь, имеющую недоопределенные конструктивные элементы, можно сделать адаптивной. На ранних стадиях конструирования сборки некоторые условия уже известны, тогда как остальные могут потребовать изменения. Детали, создаваемые на месте, и детали, вставляемые из файлов детали, одинаково могут быть определены как адаптивные.

Адаптивными могут быть следующие недоопределенные геометрические элементы:

- недоопределенные эскизы
- конструктивные элементы, созданные на основе недоопределенных эскизов
- конструктивные элементы с недоопределенными углами или ограничениями
- заимствованные рабочие элементы
- эскизы, содержащие спроецированную геометрию
- детали, в которых есть адаптивные эскизы или конструктивные элементы
- сборки, в которых есть детали с адаптивными эскизами или конструктивными элементами

Можно создавать адаптивные компоненты, накладывая на них внешние зависимости. Такие зависимости позволяют автоматически управлять формой адаптивных компонентов. Например, можно создать адаптивный болт, а затем наложить зависимости таким образом, что она будет автоматически удлиняться или укорачиваться при изменении размеров деталей, которые этот болт соединяет.

В сборке адаптивным можно сделать целый узел. Если в этом узле имеются адаптивные детали (и конструктивные элементы), эти элементы соответствующим образом изменяют свои размеры и форму при наложении зависимостей между узлом и внешней геометрией. В контексте внешней сборки размеры и форму недоопределенных компонентов также можно изменять перетаскиванием.

Размеры детали фиксированы, при размещении ее в сборке, пока эта деталь не будет определена как адаптивная в сборе. Когда производится соединение адаптивной деталь с фиксированными элементами

других деталей, ранее помещенные детали изменяют размер, при обновлении сборки. Адаптивную деталь желательно использовать:

- когда конструкция сборки не полностью определена, хотя детали находятся в необходимой позиции, но их конечный размер еще не известен
- когда положение или размеры элементов детали будут зависеть от позиции или размеров элементов других компонентов сборки

Компонент может быть адаптивным при выполнении следующих условий:

- в эскизе имеются геометрические и размерные зависимости, но он не полностью определен – имеет хотя бы одна степень свободы:
  - если эскиз достаточно определен, Inventor не сможет автоматически изменять размеры
  - если же не определено слишком много размеров, Inventor может изменять форму некорректно
- чтобы деталь стала адаптивной, необходимо, чтобы хотя бы одному элементу был задан статус адаптивности:

- компонент необходимо сделать адаптивным в сборке. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши на значке детали в браузере и выбрать в контекстном меню команду **Adaptive**. Можно задать адаптивные параметры детали в ее файле, или когда деталь активна в файле сборки при выборе детали в браузере, в контекстном меню выбрать **Properties**. В диалоговом окне можно определить эскиз, параметры или плоскость удаления материала как адаптивные. Если деталь в сборке не определена адаптивной, то она будет являться твердым телом, и не изменится в размерах при присоединении к другим деталям, даже если ее элементы были определены как адаптивные в файле сборки.

- для задания адаптивности эскиза следует щелкнуть правой кнопкой мыши на требуемом конструктивном элементе и выбрать **Properties** из контекстного меню, на вкладке **Occurrence** включить опцию **Adaptive**. Адаптивным можно сделать либо только эскиз, либо только элемент, либо и то и другое.

- соответствующий конструктивный элемент необходимо сделать адаптивным в файле детали, при создании их в этом файле. Для задания всех элементов адаптивными необходимо в браузере раскрыть папку компонента и в контекстном меню требуемого конструктивного элемента выбрать команду **Adaptive**. При создании такой детали, пользователь также определяет ее как адаптивную вне сборки, что позволяет приспосабливаться и менять форму детали при ее соединении с другими компонентами. При определении элемента адаптивным, все входящие элементы также становятся адаптивными. Если этот элемент используется в другой детали как конструкторский элемент, то он может измениться. Если требуется сохранить неадаптивную версию элемента, то рекомендуется сохранить ее в файле с другим именем

- адаптивным может быть только одно вхождение детали. Если деталь уже сделана адаптивной, то опция контекстного меню **Adaptive** неактивна. Если в сборке используется несколько вхождений одной и той же детали, параметры (включая позиционирование) всех этих вхождений задаются адаптивным вхождением. В сборках с несколькими вхождениями адаптивной детали, ограничения на неадаптивность других ее вхождений могут для правильного выполнения потребовать сделать два обновления сборки

- адаптивные зависимости накладываются после позиционирования компонента с помощью других зависимостей. Сначала программа пытается переместить компонент, чтобы удовлетворить условиям всех зависимостей:

- если переместить компонент нельзя, программа пытается адаптировать форму компонента
- если компонент достаточно определен, и программе не удалось изменить его форму, отображается сообщение об ошибке

Файлы, создаваемые разработчиками моделей узлов механических систем содержат много типов данных, включая граничные условия (для твердых тел), информацию, определяющую свойства объекта и его конфигурацию. Обычно, при открытии файлов с моделями, большинство программ для моделирования загружают все данные из них в основную память. При загрузке крупных сборок это обычно приводит к ошибкам из-за отсутствия свободных страниц памяти или отсутствия места для организации временных файлов на жестком диске, хотя в большинстве случаев пользователю не требуется полный доступ к информации о всей модели.

При использовании механизма адаптивных данных множество типов данных хранится в одном файле в отдельных его сегментах. Этот сегментированный файл позволяет автоматически получать характеристики оптимизированной системы путем загрузки только тех сегментов, которые в настоящее время требуются для работы. Другие сегменты загружаются по запросу, если они могут потребоваться. Механизм адаптивных данных является полностью ассоциативным, и это гарантирует, что все конструкционные элементы, которые могут быть использованы в процессе работы над проектом, всегда несут в себе самую последнюю информацию обо всех операциях и обновлениях, совершенных над ними. Этот механизм охватывает как сборочные узлы и конструкции, так и отдельные под сборки, детали, рабочие чертежи и все сопроводительные документы, относящиеся к данному проекту.

Адаптивные элементы изменяют свою форму или размеры, когда они размещаются между несвязанными элементами и полностью связанными элементами или другими сборочными компонентами. Отношение адаптивности можно изменять в процессе построения элемента и детали. После того как заданы требуемые размеры, адаптивность деталей рекомендуется отключать. Это ускоряет загрузку модели и предотвращает случайные изменения.


Существуют следующие рекомендации по использованию адаптивных деталей, позволяющие пользователю быть уверенным в том, что адаптивные элементы и детали изменятся так, как требуется:

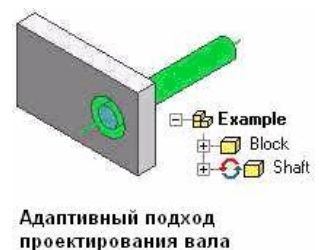
- для вращения элемента применять только одну зависимость касательности **Tangent**
- при задании связи между двумя точками, двумя линиями, или точкой и линией контролировать возможность смещения,
- избегать использования смещений при наложении зависимостей между двумя точками, точкой и плоскостью, точкой и линией или линией и плоскостью
- избегать касания между сферой и плоскостью, сферой и конусом, и двумя сферами
- деталь, созданная во внешней CAD системе, не может быть адаптирована, поскольку импортированная деталь уже полностью образмерена
- в сборках с более чем одним вхождением адаптивной детали, связь с неадаптивным вхождением могут потребовать двух обновлений для правильного решения
- задание статуса адаптивности с помощью одноименной опции диалогового окна **Properties**, открытого через контекстное меню применяется для индивидуальной установки статуса адаптивности для параметров элемента или эскиза
- адаптивные части и эскизы могут быть изменены в сборке, когда деталь также сделана адаптивной.
- адаптация деталей позволяет управлять на уровне сборки любой частью, которая должна быть изменена в сборке в любое время.
- адаптация может быть осуществлена на уровне детали или сборки
- адаптивная часть должна иметь адаптивные свойства, чтобы она могла адаптироваться в сборке
- адаптация не однонаправленная, часть, которая была раньше адаптивной, может быть сделана не адаптивной, и наоборот.

Для удовлетворения требованиям сборки при ее моделировании используется исходная модель детали, у которой изменяются элементы при наложении связи с другими фиксированными сборочными компонентами. Если параметрические зависимости в сборках хорошо работают для простых случаев, то часто заводят в тупик при создании сложных сборок и непредсказуемых изменений модели. Адаптивная технология Inventor устраняет проблемы создания и изменения связей в сложных сборках. Пользователь может создавать детали в контексте их взаимодействия с ответными элементами сборки, назначая или переопределяя в любой момент адаптивные зависимости отдельным элементам деталей для управления формой детали, размерами, и позицией. Адаптивная технология дает возможность свободно разрабатывать и редактировать детали в среде сборочного узла.

Адаптивная технология позволяет улучшить процесс разработки компоновок конструкции. На ранних этапах конструирования пользователь часто не знает, какую форму имеют отдельные детали. Поэтому он предпочитает пользоваться абстрактными конструкциями, которые часто представляют собой простые 2D рисунки или эскизы. Inventor облегчает эту последовательность выполняемых действий за счет предоставления пользователю возможности создания сборочных конструкций, в которых некоторые детали представлены схематично, а другие являются полностью определенными трехмерными моделями. Когда завершается создание общей конструкции модели, система может изменить форму детали, представленную в виде рисунка или эскиза и наложить все взаимные связи для данной детали в конструкции таким образом, каким это предусмотрено пользователем на начальном этапе работы над конструкцией.

Адаптивные сборки Inventor позволяют вносить изменения в любом месте модели вне зависимости от порядка создания ограничений. Другими словами, если имеются детали типа вал и втулки, то при изменении параметров вала (например, диаметра), автоматически изменяется геометрия собственно втулки, или наоборот. Особенность заключается в том, что эскиз вала проектировался приблизительно, без наложения каких-либо параметров из сопрягаемой детали. Все адаптивные параметры накладываются при сборке узла. Сборочные зависимости изменяют геометрию адаптивной детали.

Используя приведенный выше пример, иллюстрировавший ограниченные возможности параметрического моделирования, можно применить адаптивный подход, при котором вал проектируется по отверстию в плите с использованием связи совмещения. При этом валу автоматически передается информация о размерах и позиции детали. Если изменить размер отверстия или его позицию, изменится диаметр или положение вала. На этом рисунке перед иконкой детали вал (Shaft) показан символ адаптивности .





Если, как и в предыдущем примере, необходимо переопределить размеры и положение вала по другой детали, кронштейну С то, чтобы выполнить это изменение, необходимо указать, какие детали являются адаптивными. То есть отключить адаптивность у вала и указать, что теперь плита является адаптивным элементом. Это процедура легко выполняется и наглядно представлена элементом в графическом меню.

В результате вал В перемещается в центр отверстия кронштейна С и «перетаскивает за собой» отверстие в плите А. Порядок создания элементов не имеет никакого воздействия на гибкость изменения проекта. После задания команды сборки (**Place Constraint**) производится изменение внутреннего диаметра втулки, что сопровождается соответствующим изменением диаметра вала. При этом никакие параметры и никакие переменные не задаются - одна цилиндрическая поверхность совпадает с другой. Надо только собрать детали и заранее решить, какая деталь адаптивная, причем критерий адаптивности можно убрать и назначить его на другую деталь

Таким образом, параметрические модели требуют определения и управления многочисленными параметрическими связями, и тем самым ограничивают возможность последующих изменений. В некотором роде, параметрические связи, призванные облегчить внесение изменений в модель, но создают своеобразную ловушку для проектировщика. Подобной ловушки не существует с адаптивными сборками, потому что модели взаимодействуют между собой непосредственно через геометрию, а не через сложные параметры и уравнения.

Нормальное функционирование механизмов является основополагающим при конструировании многих узлов и сборочных единиц. Для оценки характеристик их работы пользователю обычно требуются дополнительные специализированные программные средства. В процессе работы над анализом конструкции эти программные средства должны обладать возможностью кинематического анализа взаимодействия всех элементов системы, возможностями для оценки диапазона их перемещений в рамках заданных допусков.

В настоящее время многие современных систем пространственного конструирования обладают возможностями кинематического анализа элементов конструкции, но их полноценность ограничена перекрестными параметрическими связями. Кроме того, возможности параметрического конструирования накладывают определенные ограничения для анализа модели при наличии несанкционированного пересечения деталей в конструкции.

Inventor имеет возможность проверять кинематику проектируемого механизма, т.к. адаптивная технология устраняет эту проблему, удаляя параметрические связи - необходимо наложить зависимости между деталями, тем самым определить возможность перемещения деталей. На рисунке определены взаимные связи между деталями таким образом, что деталь ползун - может перемещаться по цилиндрической направляющей. Чтобы проверить диапазон перемещения ползуна по направляющей достаточно указать курсором на подвижную деталь, нажать кнопку мышки и перетащить деталь туда, куда нужно. При этом все остальные детали будут вести себя «как в эксплуатации». Таким образом, конструктор создает детали не изолированно, а в контексте сборки, когда элементы одной детали определяют форму и размер элементов соседних деталей. Кроме того, можно получить модели всех элементов сборки, которые после небольшой доработки (добавления фасок, скруглений и пр.) образуют точную копию будущей детали.

С помощью адаптивной технологии можно создать эскизную проработку кинематической схемы в плоском варианте, что позволит получить представление о том, как изделие будет выглядеть, из каких компонентов оно состоит. Затем, используя адаптивность, можно проверить, как работает этот механизм, просмотреть его кинематику в плоском исполнении, так нагляднее. Если все работает, то можно преобразовать отдельные элементы схемы в детали и получить 3D-модель. Это очень удобно, особенно на ранних стадиях проектирования, дорабатывать профили, выдавливать их или вращать и т.д.

Основные правила работы в подобной ситуации:

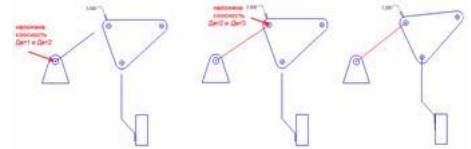
- эскизируется каждая деталь отдельно, то есть в браузере должен быть представлен весь список деталей проектируемого механизма
  - определить, какие детали будут адаптивными
  - зафиксировать отдельные (не адаптируемые) детали механизма в крайних положениях (**Grounded**).
- В браузере это помечается значком кнопки



Эскизная проработка кинематической схемы в плоском варианте



- на экране видно, что Дет2 – не той длины, какая необходима для работы механизма. Для определения требуемой длины необходимо надо собрать механизм, то есть показать, какая ось, с какой связана. Деталь2 – адаптивная. Значит, просто собирая механизм, адаптивные элементы сами подсчитают свою длину в соответствии с наложенными на них сборочными зависимостями



Определение пересечений в 2D-проработке кинематической схемы в адаптивной сборке

- после того, как механизм собран, следует посмотреть, как он работает, как крутится. Для этого следует указать мышью на шатун – дет2, и удерживая нажатой левую клавишу и попытаться вращать дет2 – результат отрицательный. Это связано с тем, что не была удалена фиксация промежуточной детали (треугольной – дет3)

- после удаления фиксации механизм становится работоспособным и можно посмотреть промежуточные положения механизма

- теперь можно перейти к твердотельному моделированию

Таким образом, адаптация позволяет подстраивать геометрию одной детали по другой (другим). В Inventor можно работать в привычном, концептуальном варианте, не задумываясь о размерах промежуточных (адаптивных) деталей, понять работу механизма и доработать его до объемного состояния.

Алгоритм размещения адаптивных деталей в сборке.

- 1.Щелкнуть по кнопке **Place Component** для того, чтобы выбрать компонент для помещения его в сборку

- 2.Найти папки, которые содержат компоненты, элементам которых присвоен статус адаптивности, выбрать их и щелкнуть по кнопке **Open**

- 3.Выбранные компоненты прикрепятся к курсору. Выбрать их положение и указать курсором место для размещения вхождений компонента

- 4.В контекстном меню выбрать команду выполнения **Done**

- 5.В контекстном меню выбрать команду **Adaptive**

- 6.Щелкнуть по кнопке **Place Constraint** для добавления сборочных связей. Поместить компоненты в соответствии с другими зафиксированными сборочными компонентами

Когда степени свободы удалены, адаптивные (несвязанные) элементы детали и могут менять размеры, когда изменяются другие размеры в соответствии с имеющимися сборочными связями. Чтобы зафиксировать деталь в ее текущей форме и размере, в контекстном меню детали необходимо выключить (убрать флажок) опцию **Adaptive**.

**АДАПТИВНЫЕ ДЕТАЛИ** имеют связанные элементы, которые изменяют размеры в соответствии с их размещением в сборке. Элементы, назначенные как адаптивные в файле детали, могут изменять размеры и форму, когда они связаны с фиксированными элементами в сборке.

**АДАПТИВНЫЕ РАБОЧИЕ ЭЛЕМЕНТЫ** рекомендуется использовать для моделирования взаимосвязей между конструктивными элементами и компонентами сборки. Адаптивные рабочие элементы полностью похожи на неадаптивные рабочие элементы, за исключением того, что их можно выбирать из других деталей. Адаптивные рабочие элементы используются как конструктивный элемент (точка, плоскость и ось) для размещения деталей, созданных в сборке. Создаются адаптивные рабочие элементы, при редактировании «созданной на месте детали» в сборке. Рабочие элементы создаются в файле детали, но их размещение управляется сборочными связями для остальных компонентов в сборке

**АДАПТИВНАЯ РАБОЧАЯ ТОЧКА** может использоваться как эскизная точка 3D-линии, которая может, например, являться частью 3D-спирали, которая размещена относительно исходных компонентов. Адаптивные рабочие точки обычно применяются в таких процессах, как прокладка кабеля, провода, трубы и тубинги.

При создании адаптивных рабочих элементов следует принять во внимание рекомендации:

- для того, чтобы автоматически скрыть рабочие элементы, когда они поглощаются другими рабочими элементами, прежде чем создавать их установить опцию автоматического скрытия **Auto-Hide** в диалоговом окне **Application Options**

- создавать сразу несколько рабочих элементов

- превращать неадаптивные рабочие элементы в адаптивные

Существуют два основных способа, позволяющие сделать рабочий элемент адаптивным:

- 1.Преобразование обычного элемента в адаптивный.

- 1.1.щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе в графической области или в браузере

- 1.2.щелкнуть по кнопке **Constraint** на панели инструментов **Assembly**

- 1.3.наложить зависимости между рабочим элементом и деталями в сборке. При этом рабочий элемент становится адаптивным.

- 2.Использование элементов геометрии на разных гранях деталей сборки при создании рабочего элемента:

- 2.1.дважды щелкнуть в браузере на элементе детали
- 2.2.создать рабочий элемент с помощью пиктограмм, размещенных на панели инструментов **Assembly**, выбирая элементы геометрии других компонентов для его размещения
- 2.3.создать новый конструктивный элемент с помощью команд **Extrude** или **Revolve**. При этом в качестве ограничивающей плоскости или оси вращения следует использовать рабочий элемент
- 2.4.в браузере дважды щелкнуть на элементе сборки. Наложить сборочные зависимости, определяющие размещение рабочего элемента.

При создании адаптивных рабочих элементов рекомендуется скрывать рабочие элементы после их поглощения другим рабочим элементом. По команде **Tools/Application Options** открыть вкладку **Part** и установить флажок **Auto Hide in-Line Work Features**

Хотя можно создавать адаптивные рабочие элементы без исходных деталей, обычно предпочтительнее создавать новый файл детали, который будет содержать адаптивные рабочие элементы и их 3D эскизные элементы:

- 1.Для создания нового файла детали в сборке выполнить команду **Insert/New Component..**
- 2.Щелкнуть в графической зоне на поверхности или плоскости для установки положения по умолчанию 2D-эскиза
- 3.Щелкнуть по кнопке **Return** на панели инструментов **Command**
4. Щелкнуть по направленной вниз стрелке рядом с кнопкой **Sketch** на панели инструментов **Command** и выбрать опцию создания 3х-мерного эскиза **3D Sketch**
- 5.На панели инструментов 3D Sketch щелкнуть по кнопке создания рабочей плоскости **Work plane**, рабочей оси **Work axis** или рабочей точки **Work point**
- 6.Щелкнуть кнопкой мыши по элементу на существующей детали для размещения рабочего элемента
- 7.Продолжить создание адаптивных рабочих элементов, пока эти точки необходимы для 3D-линии.

### 8.3.3 ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ЭСКИЗЫ

При разработке модели многие размеры смежных деталей являются взаимосвязанными, и изменение одних приводит к преобразованию других. Поэтому при создании новой детали в сборке в эскиз конструктивного элемента новой детали рекомендуется проецировать геометрию другой детали. В таком случае эскизы пересекающихся деталей могут быть использованы для создания новых деталей или конструктивных элементов. Полученный таким образом эскиз по умолчанию является заимствованным, и его размеры соответствующим образом обновляются при изменении исходной детали.

Кроме того, пересекающиеся эскизы являются адаптивными и автоматически обновляются при внесении изменений в исходную деталь. Например, в сборке имеется втулка (одна деталь), в которую вставляется вал (другая деталь). Вал можно спроецировать в эскиз втулки, задавая тем самым ее внутренний диаметр. В дальнейшем на основе эскиза создается выдавленный конструктивный элемент. Созданная таким образом втулка является адаптивной по отношению к валу, и при изменении диаметра вала внутренний диаметр втулки обновляется соответствующим образом.

При работе со сборкой на плоскость построений нового эскиза обычно проецируются грани, контуры и ребра компонентов, которые пересекаются этой плоскостью. Спроецированные ребра не являются ассоциативно связанными с геометрией породивших ее объектов, они представляют собой «снимок» исходных геометрических элементов, поэтому изменение исходной геометрии не приводит к обновлению спроецированной геометрии.

При работе со сборкой пользователь может создать деталь, выбрав грань или плоскость в качестве плоскости построения эскиза. Далее можно выполнить проецирование ребер, контуров или граней на плоскость построения эскиза. Созданные на основе спроецированной геометрии конструктивные элементы являются ассоциативными по отношению к исходному эскизу, пока пользователь не разорвет связь между ними.

**ПЕРЕСЕКАЮЩИЙСЯ ЭСКИЗ** - эскиз, полученный проецированием граней, контуров и ребер. Размеры и положение пересекающегося эскиза определяются исходной деталью. Пересекающиеся эскизы можно использовать для создания конструктивных элементов новой детали наравне с другими эскизами.

Для того чтобы пересекающийся эскиз был заимствованным эскизом, необходимо включить опцию **Enable associative edge/loop geometry projection during in-place modeling**, расположенную в зоне **In-place Features** вкладки **Assembly**, открываемой по команде **Tools/Application Options/Assembly**. По умолчанию включенная опция проецирования пересекающихся деталей делает эти детали ассоциативными, т.е. при создании новой детали по месту контуры выбранной грани проецируются в эскиз новой детали. Проецируемая геометрия является параметрической, т.е. при изменении исходной детали размеры ее изменяются, а в папку эскиза в браузере вкладывается символ зависимого эскиза, указывающий на то, что данный эскиз имеет ассоциативную связь с другой деталью узла. Если опция не активирована, то эскиз созданный по месту не является ассоциативным и изменение исходной детали не приводит к изменению эскиза.

Эскизы конструктивного элемента, использующие спроецированную геометрию, можно сделать адаптивными к исходной детали, изменив свойства конструктивного элемента. Для этого следует в браузере щелкнуть правой кнопкой мыши на конструктивном элементе, выбрать **Properties** из контекстного меню и в группе опций **Adaptivity** установить флажок **Sketch**.

Алгоритм создания деталей, использующих эскизы пересекающихся деталей

1. Открыть сборку, геометрию компонентов которой требуется спроецировать.
2. Выполнить команду **Tools/Application Options/Assembly** и, если это необходимо, установить флажок **Enable associative edge/loop geometry projection during in-place modeling**
3. На панели инструментов **Assembly** щелкнуть по кнопке **Create Component**
4. В диалоговом окне **Create in-Place Component** ввести имя файла детали и выбрать **Part** в списке

#### Type

5. Нажать ОК
6. Выбрать грань или плоскость, которую предполагается использовать в качестве плоскости построений.
7. На панели инструментов **Sketch** нажать кнопку **Project Geometry** и выбрать геометрические объекты, которые требуется спроецировать. Если необходимо спроецировать весь контур грани, выбрать требуемую грань. При выборе грани автоматически выбираются все прилежащие к нему контуры. Для отмены выбора контуров нажать кнопку **SHIFT**. При выборе грани можно использовать функцию **Other** для выбора контуров

8. В папку эскиза в браузере вкладывается символ зависимого эскиза, указывающий на то, что данный эскиз имеет ассоциативную связь с другой деталью узла.

9. На панели инструментов **Features** нажать требуемую кнопку и создать конструктивный элемент. Новая деталь является адаптивной и автоматически обновляется при изменении исходной детали.

Так как пересекающиеся эскизы, являются заимствованными, то для их редактирования требуется разорвать связь между исходной деталью и деталью, созданной на основе пересекающегося эскиза. Для этого следует активизировать эту деталь, раскрыть структуру этой детали в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши на значке заимствованных линий и выбрать **Delete Link** из контекстного меню. Детали становятся независимыми друг от друга.

Алгоритм редактирования пересекающихся эскизов:

1. Дважды щелкнуть в браузере на значке эскиза для его активизации.
2. В графической области выбрать все элементы геометрии, спроецированные с исходной детали.
3. Выбрать стиль в списке на стандартной панели инструментов.
4. После этого на эти геометрические объекты можно налагать зависимости и наносить размеры. Также можно удлинять или обрезать эти объекты.

Для редактирования эскиза детали, связь которой с исходной деталью следует разорвать следующим образом:

1. Щелкнуть правой кнопкой мыши на значке детали в браузере и выбрать **Edit** из контекстного меню.
2. Раскрыть папку конструктивного элемента, содержащего проекционный эскиз. Для разрыва связи с исходной деталью в структуре эскиза щелкнуть правой кнопкой мыши по пиктограмме, обозначающей заимствованные линии, и выбрать **Base** из контекстного меню.
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши на значке эскиза еще раз и выбрать из контекстного меню **Edit Sketch**

4. Выбрать геометрические объекты, которые требуется изменить, и в расположенном на панели команд списке **Style** выбрать **Normal**

5. Изменить геометрию эскиза требуемым образом. Затем щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню команду **Done**.

6. Деталь обновляется в соответствии с внесенными в эскиз изменениями.

После проведения редактирования деталь более не является адаптивной к исходной детали, однако она соответствующим образом обновляется при изменении геометрических объектов эскиза. После разрыва связи можно накладывать зависимости между деталью и другими компонентами сборки, включая исходную деталь.

Деталь, использующую пересекающийся эскиз, можно редактировать вне контекста сборки. Однако при следующем обновлении сборки, отображается сообщение, предупреждающее о том, что внесенные в деталь изменения могут быть не отражены. Изменения затрагивают только скрытую информацию, а так как деталь имеет зависимость от другого компонента сборки, надежными являются только те изменения детали, которые сделаны в контексте сборки.

Так как детали, созданные на основе пересекающихся эскизов, имеют зависимости от других компонентов сборки, их нельзя использовать в следующих случаях:


- для создания параметрических рядов.

- для создания параметрических элементов.

Кроме того, при повышении или понижении уровня такой детали в иерархической структуре сборки связь между этой деталью и исходной деталью теряется безвозвратно.

### 8.3.4 СОЗДАНИЕ И ВСТАВКА В СБОРКУ НЕ БАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

#### 8.3.4.1 Создание компонента в файле сборки

Новые детали или узлы можно создавать при работе в существующем изделии. Для создания компонента «по месту» используется команда **Create Component**, пиктограмма  которой размещена на панели инструментов **Assembly**. После вызова команды и выбора плоскости построения эскиза активизируется среда моделирования деталей.

В браузере активной становится новая деталь, которой рекомендуется задать смысловое имя, а изделие верхнего уровня приобретает серый цвет. Детали, созданные по месту (в контексте изделия), могут иметь размеры, заданные в эскизах, или быть адаптивными (размеры адаптивных деталей задаются зависимостями от других компонентов изделия).

Основные рекомендации по созданию компонентов в сборке:

- эскизы и конструктивные элементы сборки не являются деталями. Они хранятся в файле изделия (.iam)
- плоскость построений эскиза можно либо связать с имеющейся гранью, либо расположить ее перпендикулярно направлению взгляда, указав базовую точку
- эскизы для новых деталей можно также создавать на гранях других компонентов, которые содержат требуемые для новой детали ребра или конструктивные элементы. По умолчанию между выбранной гранью и гранью, образованной новым эскизом, накладывается зависимость совмещения. Если в дальнейшем новую деталь потребуется переместить, наложенную зависимость можно будет удалить
- зависимости можно сделать адаптивными, что позволяет детали изменять свои размеры и позиционирование при изменении компонентов или параметров зависимостей. Для этого на вкладке **Assembly** диалогового окна **Options** следует выбрать соответствующую опцию
- создания новой детали можно произвести проецированием геометрии другой детали. Если новую деталь необходимо сделать ассоциативно связанной с компонентом, из которого заимствуется геометрия, перед созданием такой детали на вкладке **Assembly** диалогового окна **Options** следует установить флажок **Enable associative edge/loop geometry projection during in-place modeling**. Как правило, этот флажок устанавливается при настройке параметров
- детали могут быть ограничены гранями других компонентов изделия. Для создания таких деталей в элементах выдавливания следует использовать опции **From/To** и **To Plane**. Выдавленные элементы с этими опциями, использующие в качестве ограничений грани других компонентов, по умолчанию являются адаптивными, что позволяет им изменять свои размеры и позиционирование при модификации других компонентов

После вызова команды открывается диалоговое окно **Create-In-Place-Component**, в котором содержатся опции создания сборки методом добавления компонентов непосредственно в файл сборки «по-месту»:

- **New File Name** – текстовое поле, в котором определяется имя файла, для создаваемого компонента
- **File Type** – список, в котором выбирается тип файла детали (**Part**) или сборки (**Assembly**)
- **New File Location** – текстовое поле, в котором задается путь к месту хранения файла новой детали. Место хранения нового файла можно выбрать после щелчка по кнопке **Browse**
- **Template** – текстовое поле, в котором задается путь к месту хранения шаблона для создания файла новой детали. Место хранения шаблона можно выбрать щелчком по кнопке **Browse**
- **Constrain sketch plane to selected face** – флажок, обеспечивающий создание плоскости эскиза на указанной поверхности. По умолчанию ограничение **Mate** создается между выбранными поверхностями детали и эскизной плоскостью. Если автоматически накладывать зависимость не требуется, флажок следует снять. Для базовой детали (первого компонента сборки) эта опция не является активной

Способ создания детали в режиме сборки практически не отличается от действий в режиме детали. Разница состоит лишь в том, что в первом случае пользователь продолжает видеть другие детали сборки. После того, как деталь была создана, становится неважно, каким образом она попала в состав сборки, поскольку можно работать, как в режиме сборки, так и в режиме детали. Однако создание детали по месту





имеет такие преимущества, как построение эскизов на гранях других компонентов изделия (или на рабочих плоскостях изделия) и проецирование геометрических объектов других компонентов в эскизы конструктивных элементов.

Алгоритм создания детали в имеющемся файле сборки:

- 1.Щелкнуть по кнопке **Create In-Place Component** на панели инструментов **Assembly**
  - 2.В открывшемся диалоговом окне задать параметры файла нового компонента
    - 2.1.ввести имя файла в поле **New File Name**
    - 2.2.в списке **File Type** выбрать тип файла **Part** или **Assembly**
    - 2.3.в поле **New File Location** задать папку, путь к которой указан в проекте. Если путь к заданной папке в проекте не указан, Inventor может не найти этот файл при следующем открытии изделия
    - 2.4.в списке **Template** выбрать шаблон, используемый для нового компонента, или щелчком по кнопке **Browse** и указать путь к месту хранения шаблона
    - 2.5.если необходимо автоматически накладывать зависимость совмещения между плоскостью построений и выбранной гранью другого компонента или плоскостью изделия, установить флажок. Если автоматически накладывать зависимости не требуется, снять флажок **Constrain sketch plane to selected face**
  - 3.Выбрать грань компонента или рабочую плоскость для построения эскиза. Если это необходимо, с помощью команды **Project Geometry** можно спроецировать в эскиз новой детали геометрические объекты других компонентов изделия
  - 4.Если необходимо новую деталь сделать ассоциативно связанной с компонентом, из которого заимствуется геометрия:
    - 4.1.выполнить команду **Tools/Application Options/Assembly** и на вкладке **Assembly** установить флажок **Enable Associative Edge/Loop Geometry Projection During In-Place Modeling**. Эскизы, имеющие заимствованную геометрию, помечаются в браузере специальным символом.
  - 5.Если требуется изменить направление взгляда на эскиз, воспользоваться кнопкой **Look At**
  - 6.С помощью команд построения эскизов, вызываемых кнопками панели инструментов **Sketch**, построить эскиз на выбранной грани или плоскости
  - 7.На основе нового эскиза создать конструктивные элемент, используя команды **Extrude**, **Revolve**, **Loft**, или **Sweep**
  - 8.Продолжить создание новых конструктивных элементов описанным выше способом
  - 9.По завершению построения детали нажать кнопку **Return** или в браузере дважды щелкнуть мышью на изделии верхнего уровня для активизации сборочной среды.
- Если после заданий опций добавления детали по месту посмотреть на браузер, то можно увидеть, что все компоненты, за исключением активного, имеют бледный оттенок, что означает нахождение программы в режиме детали. В каждый момент времени активным может быть только один компонент. Для создания или вставки компонента необходимо, чтобы активным было все изделие. Если в области рисования выбран какой-либо объект, пункт контекстного меню **Done** недоступен.

#### 8.3.4.2 Вставка компонентов (Place Constraint, Drag@Drop, I-Drop)

Если первый компонент в сборке автоматически размещается так, что его система координат совпадает с системой координат сборки, то последующие компоненты размещаются в точке пространства, указанной с помощью курсора. Компонент «прикрепляется» к курсору в точке его центра масс.

При наличии в сборке базового компонента, вставка следующих компонентов осуществляется по алгоритму:

- 1.Для выбора компонента, который требуется вставить, нажать кнопку **Place Component**
- 2.В диалоговом окне **Open** выбрать папку, содержащую нужный компонент и выбрать его.
- 3.При необходимости нажать кнопку **Options**. В открывшемся диалоговом окне выбрать именованное видовое изображение, позиционное изображение или оба сразу.
- 4.При нажатии кнопки **Open** выбранный компонент отображается в графической области в положении курсора. Выбрать требуемое местоположение и щелкнуть мышью для вставки первого вхождения компонента.
- 5.При необходимости повторить операцию.
- 6.После вставки всех вхождений щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done** из контекстного меню.

Компонент можно перетащить в изделие из Проводника Windows или из браузера, однако имеющиеся в компоненте неотображаемые стандартные рабочие плоскости могут смещать компонент относительно курсора. Кроме того, в отличие от вышеописанной процедуры, позволяющей вставить несколько вхождений, перетаскиванием можно вставить только одно вхождение. Независимо от способа вставки компонента (с помощью диалогового окна или перетаскиванием) следует задать позиционирование компонента и удалить его степени свободы, наложив на него сборочные зависимости.

Импорт компонентов из внешних файлов в сборку производится способом, аналогичным импорту базовой детали с помощью инструмента **Place Component**. Пользователь может разместить в сборке компоненты, созданные в других CAD-системах, но их необходимо предварительно транслировать в формат ACIS (.sat) или STEP (.ste, .stp, или .step). Импортированные из других систем компоненты могут быть добавлены сборку, но такие компоненты не могут редактироваться.

Алгоритм вставки компонента, созданного в другой CAD-системе:

1. Щелкнуть по кнопке **Place Component**, чтобы выбрать компонент для размещения
2. Перейти в папку, которая содержит компонент, и щелкнуть по его имени
3. Щелкнуть по кнопке **Options**, и затем щелкнуть по направленной вниз стрелке для просмотра списка компонента (компоненты автоматически определяются как STEP-файлы.)
4. Выделить компонент, который требуется присоединить к файлу .sat, щелкнуть по кнопке ОК, затем **Open**.

5. Выбранные компоненты вставляются в графическое окно, присоединенные к курсору. Выбрать оптимальное положение и щелкнуть для закрепления вхождения компонента.

6. Переместить курсор в другое положение и щелкнуть для размещения следующего компонента

7. Повторять действия, пока все не будут размещены все компоненты сборки.

8. Для завершения процесса импорта компонентов в контекстном меню графической зоны выбрать команду **Done**.

Пользователь может перетащить и вставить компонент из Windows Explorer или из окна браузера, но имеющиеся в компоненте не показываемые по умолчанию рабочие плоскости (папка **Origin**), которые могут отодвинуть компонент относительно курсора. Метод **Drag and Drop** позволяет разместить только один компонент, в отличие от размещения нескольких при описанном выше способе. Независимо от того, размещается ли компонент методом **Drag and Drop** или через диалоговое окно, всегда требуется применять сборочные связи для размещения компонентов и удаления степеней свободы.

Сборки Inventor могут принять детали Mechanical Desktop как компоненты сборки. Для использования деталей Mechanical Desktop активный файл проекта должен включать библиотеку путей поиска для видов файлов - Mechanical Desktop и прокси-файлов, содержащих данные ссылок для каждого файла.

1. Открыть подходящий файл проекта в программе редактирования текста.

2. В секции библиотеки путей поиска **Library Search Paths** добавить два поименованных файла, один файл детали Mechanical Desktop и один для корреспондирующих прокси-файлов. Это имя должно быть тем же самым, кроме нижней черты перед именем прокси-файла пути. Например:

[Library Search Paths]

*myfiles=(path1)*

*\_myfiles=(path2)*

Если не задана библиотека путей поиска, то будет получена подсказка с предложением сделать это когда в сборке будет размещаться первая деталь Mechanical Desktop.

**Точка загрузки (I-Drop)** — это основанный на XML инструмент, предназначенный для размещения объектов конструирования на Web-страницах. С его помощью можно организовать обмен данными между разработчиками деталей, используя Интернет, корпоративную сеть (Интранет) или локальную сеть. Например, с помощью технологии точки загрузки можно перетаскивать файлы IPT или SAT с сайта поставщика непосредственно в файл сборки, открытый в Inventor.



Алгоритм вставки компонента по технологии **I-Drop**

1. В Inventor создать новый или открыть существующий файл сборки.

2. С помощью Web-браузера найти сайт, содержащий точки загрузки IPT- или SAT-файлов

3. Перетащить требуемые файлы в открытое окно сборки

4. Навести курсор на связанное с IPT или SAT-файлом изображение. При этом курсор примет вид, указанный на левой иллюстрации. Такой вид курсора указывает на возможность вставки этой детали в сборку.

5. Нажать и удерживать нажатой левую клавишу мыши. При этом курсор примет вид, указанный на средней иллюстрации

6. Перетащить IPT- или SAT-файл в открытое окно сборки. При перетаскивании детали с сайта будет создана ее копия на жестком диске компьютера, а имя файла и папки задается разработчиком детали. Если одна или более из указанных папок не существуют, выдается предупреждение. Одним из вариантов выбора в этом диалоговом окне будет создание копии детали в личном рабочем пространстве. Информация о структуре папок, в которых будет создана деталь, должна быть размещена на сайте производителя параметрических рядов деталей. При необходимости можно создать данную структуру папок на жестком диске самостоятельно.

7. Разместить IPT- или SAT-файл. Процедура размещения в этом случае аналогична типовой операции размещения детали

Некоторые возможные применения технологии точек загрузки:

- получение стандартных или заказных деталей стороннего производителя.
- использование совместимых конструкторских данных во всей организации.
- облегчение доступа к стандартным библиотекам деталей.
- облегчение доступа к многократно используемым деталям.
- возможность просмотра изображения детали до ее копирования.

### 8.3.5 БИБЛИОТЕКА КОМПОНЕНТОВ AUTODESK INVENTOR STANDARD PARTS

Библиотека компонентов устанавливается вместе с Inventor и содержит детали (крепежные элементы, стальные профили, детали валов), которые могут использоваться при проектировании изделий. Библиотека компонентов:

- использует для хранения и доступа к данным библиотечные серверы. При подключении сервера пользователь может выбрать используемые данные (каталоги). Выбранные каталоги отображаются в браузере библиотеки

- содержит данные деталей, необходимые для создания файлов новых деталей: параметрические файлы (.ipt), значения параметров деталей, тексты описаний деталей, и изображения деталей, используемые на страницах браузера библиотеки. Параметрические файлы (.ipt), тексты описаний и изображения деталей являются общими для всех размеров каждой из деталей библиотеки. Библиотека компонентов обычно содержит несколько наборов значений параметров для каждой детали. Каждый набор параметров определяет один размер (размеры) детали библиотеки

- поддерживает два типа числовых параметров: постоянное значение и диапазон значений

- полностью определяет каждый параметр для стандартных деталей. Все параметры представляют собой постоянные значения, определенные в таблице. Пользователь может лишь выбирать значения параметров стандартных деталей (крепежных элементов, деталей валов) из раскрывающихся списков, расположенных на странице детали. Файлы деталей из библиотеки автоматически сохраняются в указанной в свойствах сервера папке

- при вставке стандартной детали в изделие файл детали автоматически создается в папке, заданной в настройках сервера библиотеки. Файлы всех деталей одного сервера создаются в одной папке.

- если пользователь хочет изменить размеры стандартной детали, изменяя ее параметры, то он должен вставить эту деталь в изделие, заменив вставленную ранее. Для вставки детали используется технология точки загрузки (i-drop). При этом в установленной в настройках сервера библиотеки папке создается новый файл детали, файл вставленной ранее детали не изменяется.

- значения параметров пользовательских деталей (стальные профили, заклепки) имеют один параметр, ввод значений которого осуществляется с клавиатуры. Существует диапазон допустимых значений этого параметра. Значения остальных параметров выбираются из списков (как для стандартных деталей). Пользовательские детали могут, как выбираться из списков, так и вводиться в текстовых полях. После вставки детали в изделие пользователь должен указать папку для сохранения файла детали, что позволяет сохранять каждую пользовательскую деталь в определенной папке. При изменении параметров пользовательской детали изменения вносятся в исходный файл, что позволяет сохранить конструктивные элементы, добавленные к исходной пользовательской детали (отверстия, фаски и т.п.) при изменении размеров

- разрешает пользователю изменять хранящиеся в ней детали. Для этого следует вывести на экран семейство деталей, изменить значения параметров и сохранить изменения. Пользователь может изменить имя семейства, пояснение и стандарт, а также параметры отдельных деталей, включая их материал. **СЕМЕЙСТВО ДЕТАЛЕЙ** – это набор деталей одной формы, имеющих различные значения параметров

- серверная часть Библиотеки компонентов Inventor обеспечивает хранение информации о деталях. Число подключенных серверов и используемых каталогов деталей не ограничено. Данные со всех серверов объединяются, и пользователь библиотеки работает с ней как с единым целым. Пользователь должен выбрать используемые каталоги на сервере библиотеки. Описание структуры выбранных данных (набор папок) копируется с сервера библиотеки на компьютер пользователя при первоначальной настройке параметров сервера. Описание обновляется при изменении параметров сервера библиотеки

Структура Библиотеки компонентов обрабатывается отдельно и не зависит от данных. Структура библиотеки хранится на компьютере пользователя, а данные загружаются с подключенных серверов библиотек на компьютер пользователя при подключении сервера или при изменении списка используемых каталогов. Пользователь может изменить структуру Библиотеки компонентов, внося требуемые изменения в файл browse.xml, описывающий структуру и находящийся на компьютере пользователя

Для доступа к данным библиотеки служит браузер библиотеки, в котором:

- обеспечивается доступ к деталям Библиотеки компонентов и вставки их в изделия
- обеспечивается поиск деталей в библиотеке

- поддерживается работа:

- со списком «Избранное» (доступ к наиболее часто используемым деталям). Список можно рассматривать как структуру библиотеки, формируемую самим пользователем. Пользователь может внести в список папки, наборы деталей и детали с установленными параметрами. Пользователь может создавать папки в списке «Избранное». Добавление элементов в список осуществляется их копированием или перемещением из структуры библиотеки и списков «Избранное» и «Журнал». Для быстрого занесения элемента библиотеки в список «Избранное» служит команда контекстного меню «В избранное», для удаления элементов служит команда **Delete** в ее контекстном меню

- с перечнем «Журнал» (список последних использованных деталей). При вставке детали библиотеки в изделие она автоматически добавляется в начало списка

Содержимое списков «Избранное» и «Журнал» свое для каждого пользователя; оно не изменяется при обновлении структуры библиотеки

- выполняются все операции с деталями Библиотеки компонентов (просмотр, изменение параметров, вставка в изделие с помощью точки загрузки **i-drop**)

- отображает содержимое библиотеки как одну базу данных. Поэтому если данные о деталях библиотеки доступны более чем на одном сервере, то такие детали отображаются в браузере только один раз

Если при удалении элементов структуры библиотеки (папок) расположенные в них детали не отображаются в браузере, то доступ к ним возможен с помощью списков «Избранное» и «Журнал», а также при выполнении поиска. Пользователь также может повторить загрузку структуры библиотеки с сервера.

Контекстное меню вхождения детали из Библиотеки компонентов содержит пункт **Search**. При выборе пункта браузер библиотеки осуществляет переход на страницу вставленной детали. На этой странице пользователь может изменить параметры детали. При редактировании стандартной детали пользователь может изменить значения параметров, а затем заменить вхождение детали или создать новое вхождение. При изменении пользовательских деталей в список добавляется опция **Edit**, сохраняющая добавленные конструктивные элементы детали.

Для открытия каталога следует дважды щелкнуть на нем. Для перемещения по страницам библиотеки можно также использовать кнопки **Move**. На верхнем уровне иерархической структуры библиотеки отображается список зарегистрированных каталогов. Эта страница содержит и кнопку настройки, щелчком по которой вызывается диалоговое окно настройки серверной части библиотеки. Промежуточные уровни в структуре библиотеки представляют собой вложенные папки, организованные по категориям деталей. Страница нижнего уровня содержит изображение детали и ее параметры, которые пользователь может изменить. После изменения параметров детали она вставляется в изделие с помощью точки загрузки (**i-drop**).

Существуют два режима отображения страниц библиотеки:

- в виде списка. В таком представлении выводятся текстовые описания библиотечных элементов, включая папки и семейства деталей. Слева от каждого элемента отображается значок каталога, папки или набора. Чтобы раскрыть содержимое папки, следует дважды щелкнуть на ее значке. Двойной щелчок на значке группы деталей открывает страницу, на которой выполняется выбор конкретного элемента из семейства деталей.

- в виде значков. В таком представлении выводятся значки элементов библиотеки и их текстовые описания. Каждый значок в левом нижнем углу содержит пиктограмму папки или точки загрузки. Значки соответствуют папке или набору деталей.

Для поиска детали в Библиотеке компонентов существует два режима:

- **ПРОСТОЙ ПОИСК**, при котором пользователь задает строку-критерий. Строка сравнивается с пояснениями к деталям Библиотеки компонентов. Поиск производится во всех подключенных каталогах

- **РАСШИРЕННЫЙ ПОИСК**. Это способ сложного поиска в указанных каталогах, по указанным типам деталей, а также по заданным значениям параметров. Пользователь выбирает свойства, участвующие в поиске на основании искомого значения, тип которого зависит от конкретного свойства. Для строковых типов подразумевается глобальный поиск подстроки по всем значениям. Для числовых свойств можно задать единицы измерения (дюйм или мм). Критерии поиска можно объединять с помощью логических операторов И и ИЛИ

На панель результатов поиска выводится список элементов, удовлетворяющих критериям последнего поиска. На элементе можно щелкнуть дважды, а затем перетащить его в изделие; можно также добавить элемент из списка в папку «Избранное».

Пользователь должен указать папку, в которой будут создаваться файлы деталей. Если планируется сохранять файлы деталей в рабочем пространстве, его следует определить в настройках проекта. Если файлы деталей нужно сохранять в той же папке, что и изделие, следует сохранить файл изделия до вставки в него деталей с помощью точек загрузки. Файлы деталей можно сохранять и в папке библиотеки. Если в свойствах проекта определено несколько библиотек, следует выбрать одну из них.



Для ускорения обмена данными между серверами Библиотеки компонентов и Inventor используются временные файлы. Пользователь может указать расположение и размер папки временных файлов. Возможно удалить все временные файлы. Очистка папки (удаление всех временных файлов) не является обязательной процедурой. Ее рекомендуется выполнять при начале использования нового семейства деталей Библиотеки компонентов.

## 8.4 ПОИСК И ОБРАБОТКА ПРОПУЩЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ СБОРКИ

При открытии сборки по различным причинам может произойти пропуск компонентов, которые находятся в папках, не заданных в активном проекте. Файл не удастся найти автоматически, если:

- путь к запрошенному файлу не определен в проекте, т.к. требуются компоненты, которые находятся в папках, не заданных в активном проекте
- запрашиваемый файл или содержащая его папка были переименованы, перенесены или удалены из файлов активного проекта
- файл был перенесен из одной библиотеки в другую
- файл был перенесен из одной папки в другую внутри одной библиотеки.

Пропущенные компоненты помечаются в браузере специальным символом (красный знак вопроса в красном кружке), указывающим на то, что данный компонент не загружен. Пользователь не сможет открыть сборку, требуемые конструкторские виды, чертеж, схему изделия, презентации и т.п., если содержатся ссылки на пропущенные компоненты сборки. Поэтому следует обработать такие ссылки одним из описанных ниже способов и вновь открыть файл изделия.

Для обработки ссылки на пропущенный компонент можно:

- добавить в проект пути к используемым файлам и перезагрузить файл
- удалить ссылку на пропущенный файл. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши на имени файла в браузере и выбрать **Delete** из контекстного меню
- заменить не найденный файл другим файлом. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши на имени файла в браузере и выбрать из контекстного меню **Remove Component**
- скопировать или переместить пропущенный файл из его текущей папки в одну из папок, заданных в путях текущего проекта, можно с помощью Каталога компонентов или Проводника Windows. Перед перемещением файла следует убедиться, что на него не ссылаются другие изделия.
- для поиска файла вручную использовать диалоговое окно **Resolve Link**. При сохранении файла в новом месте можно обновить связь, чтобы в следующем сеансе работы Inventor смог найти его.

Если имя файла не дублируется в папке проекта можно установить функцию в файле проекта (.ipj), при этом поиск нужного файла будет производиться во всех папках проекта. Если активирована опция задания уникальных имен файлов, то диалоговое окно **Resolve Link** открывается, только если файл не был найден. В противном случае это окно открывается сразу, и поиск файла ведется вручную.

**▼Locations** – область поиска. В окне показывается местоположение каждого файла, участвующего в проекте. В списке файлов диалогового окна отображены файлы и вложенные папки, находящиеся по текущему пути. Чтобы сделать папку проекта активной, необходимо щелкнуть по ее имени в этом окне. Щелкнуть на файле, чтобы просмотреть его изображение

**▼Look in** – текстовое поле, в котором содержится имя текущей папки. Для изменения пути необходимо щелкнуть мышью на кнопке-стрелке и выбрать другую папку

**▼File name** – имя запрашиваемого файла или имя файла, выбранного в главном диалоговом окне

**▼File of type** – фильтрация списка файлов с отображением только конкретного их типа. Щелкнуть на кнопке-стрелке для отображения списка, а затем выбрать тип файла

**▼Open** – открытие выбранного файла

**▼Find** - открытие диалогового окна поиска файлов Inventor

**▼Skip** – кнопка, щелчок по которой ведет к отказу от поиска определенного файла. Изделие, чертеж или схема открываются без него. Пропущенный файл помечается красным знаком вопроса в браузере изделия и не отображается в графическом окне. Однако, пользователь может выбрать такой файл, чтобы удалить или заменить его

**▼Skip All** - кнопка, щелчок по которой ведет к отказу от поиска для всех файлов с неразрешенными связями. Изделие открывается без них

**▼Referenced path** – зона, в которой содержатся:



Ø**Referenced path not included in project locations** – текстовое поле, в котором указывается путь к папке и имя файла, открывавшиеся в последний сеанс поиска файлов с неразрешенными ссылками

Ø**Use current directory to resolve other files that are not found** – флажок, установка которого обеспечивает использование текущей папки для всех файлов, имеющих неразрешенные ссылки

Ø**Replace all occurrences of this file with the selected file** - флажок, установка которого обеспечивает замену всех неразрешенных ссылок указанным файлом

### 8.5 РЕДАКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ В ФАЙЛЕ СБОРКИ

При редактировании изделий обычно производится добавление и размещение новых компонентов, перемещение имеющихся компонентов, или изменение зависимостей, которые вынуждают адаптивные детали изменять свой размер или расположение.

При открытии изделия, компоненты которого были изменены, запрашивается подтверждение его обновления:

- если обновление производится, то все компоненты изделия пересчитываются для отражения изменений, сделанных с момента последнего открытия файла
- если подтверждение на обновление не дается, то обновление можно выполнить позже.
- Особенности сохранения внесенных изменений:
- для сохранения изменений в изделии необходимо выбрать пункты **Save**, **Save All** или **Save Copy As** главного меню **File**. При этом предлагается сохранить изменения компонентов.

○ при выборе команд **Save** или **Save All** изменения сохраняются в исходных файлах. Если указать другой файл/папку, то для сохранения изменений будет создан новый файл, а открытый файл останется без изменений

○ при выборе команды **Save All** сохраняются все открытые файлы. Может запрашиваться имя файла.

○ при выборе пункта **Save Copy As** изменения сохраняются в файле с новым именем, но при этом продолжается работа с первоначальным файлом

• при работе с деталью на месте –**Save**. В ходе работы с изделием, после завершения редактирования детали, требуется подтвердить сохранение изменений при сохранении или закрытии файла изделия

• для новых файлов необходимо использовать команду **Save**. Рекомендуется присваивать им осмысленные имена. При необходимости файлы можно сохранять в другой папке

• для существующих файлов также можно использовать команду **Save**, которая записывает файл с тем же именем в той папке

• команда **Save Copy As** используется для получения копии текущего состояния изделия и сохранения ее в файле с новым именем

При работе с изделиями используются файлы со следующими расширениями:

- изменения, сделанные в отдельных деталях, сохраняются в файлах с расширением .ipt.
- изменения зависимостей между компонентами изделия сохраняются в файле изделия, с расширением .iam.

• именованные видовые представления сохраняются в специальном файле. Файлы этого типа имеют расширение .idv. Обычно имя такого файла совпадает с именем файла изделия.

Редактирование детали по месту производится в среде моделирования деталей, для чего необходимо активизировать файл детали, но на экране будут отображаться и другие компоненты изделия. Для редактирования детали, входящей в какой-либо узел, необходимо сначала активизировать этот узел, а затем выбрать и активизировать в нем требуемую деталь. В активизированном узле можно удалять детали, изменять статус фиксированности или адаптивности деталей, а также отображать символы степеней свободы. Однако редактировать сами детали невозможно.

Если используется тонированное изображение модели, то раскрашивается только активная деталь, а все остальные компоненты изображаются в каркасном виде. Если используется каркасное изображение модели, активная деталь выглядит более яркой по сравнению с неактивными компонентами

Алгоритм редактирования компонента по месту

1. В браузере или в графической области дважды щелкнуть мышью на детали, которую требуется изменить.

2. Щелкнуть правой кнопкой мыши на детали и выбрать **Edit** из контекстного меню.

3. Используя функции работы с конструктивными элементами и эскизами, добавить, изменить или удалить конструктивные элементы. Адаптивная деталь может изменять свои размеры и форму при изменении размеров или расположения других компонентов

4. Сохранить файл детали. Внесенные изменения отображаются во всех вхождениях этой детали в файле текущего изделия (а также во всех других изделиях, использующих эту деталь).

5. Для того чтобы вновь активизировать сборочную среду, выполнить одно из следующих действий:

- в браузере дважды щелкнуть мышью на изделии верхнего уровня.
  - для отмены выбора компонента щелкнуть мышью в свободном месте графической области. Затем щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Done** из контекстного меню.
6. Для того чтобы изменить другой компонент, выбрать его в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Edit** из контекстного меню. Также можно дважды щелкнуть мышью на компоненте.

### 8.5.1 СОЗДАНИЕ МАССИВОВ КОМПОНЕНТОВ СБОРКИ (PATTERN COMPONENT)

Массив компонентов сборки состоящий из требуемого количества элементов можно создать непосредственно после вставки компонента. Элементы массива содержат единицы компонентов, которые добавляются в сборку, когда массив завершен. Например, прямоугольный массив может состоять из шести болтов и шести шайб, организованных в три ряда по два болта и две шайбы в каждом. После завершения массива в сборку добавляются шесть элементов, каждый из которых состоит из одной единицы болта и одной единицы шайбы.



Создание массивов компонентов сборки полезно, например, для вставки в сборку болтов, скрепляющих две детали, или для вставки в сложное изделие нескольких одинаковых узлов. Особенности создания массива компонентов:

- при создании кругового массива задается количество элементов массива, а также угловой интервал между ними.
- при создании прямоугольного массива задаются количества рядов и столбцов массива, а также интервалы между ними.
- при создании ассоциативного кругового или прямоугольного массива компонентов сборки этот массив связывается с соответствующим массивом конструктивных элементов детали
- можно ассоциативно связывать массив компонентов сборки с массивом конструктивных элементов детали. В этом случае изменение массива конструктивных элементов вызывает аналогичное изменение массива компонентов сборки
- массив компонентов может рассматриваться как узел, а не как набор отдельно вставленных компонентов. Например, структура массива в браузере аналогична структуре узла. Развернув структуру массива, можно активизировать и редактировать вхождения компонентов, входящие в элементы массива

В браузере элементы каждого массива отображаются в отдельной папке. Раскрыв структуру массива, над компонентами, входящими в него, можно выполнять любые действия, предусмотренные для других деталей и узлов. При редактировании массива компонентов пользователь может:


- с помощью контекстного меню, вызываемого щелчком правой кнопки мыши на значке массива компонентов в браузере, можно:
  - добавлять, удалять и редактировать примечания
  - повышать и понижать уровень иерархии,
  - включать и отключать видимость единиц массива или всего массива сборки
- редактировать единицы в контексте сборки (одновременно изменяются все единицы массива)
- включать и отключать видимость
- переопределять цвет и другие характеристики (изменяется только выбранную единицу)
- накладывать зависимости между компонентами сборки, не входящими в массив
- выбирать можно несколько элементов массива в браузере одновременно, однако можно выбирать только развернутые элементы


- подавлять элементы массива компонентов
- отсоединять один или несколько элементов массива, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав **Independent** из контекстного меню. При освобождении элемента массива:


- подавляется выбранный элемент массива
- копия компонента сохраненного в элементе помещается в то же место что и подавленный элемент
- новые компоненты добавляются в конец списка компонентов в браузере
- в браузере на разрыв связи с массивом указывает специальный символ

Свободный элемент можно восстановить в массив, но при этом не происходит автоматического удаления скопированных компонентов, созданных, когда элемент был свободным. Например, при подавлении Элемента2, содержащего винт2, винт2 копируется вниз списка браузера. При восстановлении Элемента2 копия винта2 сохраняется внизу списка браузера


- перемещать единицы внутри массива
- для того чтобы все элементы ассоциативного массива компонентов обновлялись корректно, необходимо наложить зависимость между первым элементом массива компонентов и первым элементов массива конструктивных элементов детали
- для исключения помещения двух деталей в одно и то же место, следует удалить копии этих деталей

Создание массива компонентов производится по команде **Pattern Component**, пиктограмма которой  расположена на панели инструментов **Assembly**. После вызова команды открывается диалоговое окно, содержащее три вкладки, на которых содержатся опции создания прямоугольного или кругового массива компонентов сборки на базе одного или нескольких выбранных компонентов или можно использовать соответствующий массив конструктивных элементов детали.

✓  **Component** – кнопка выбора одного или нескольких компонентов сборки для создания массива компонентов

✓  **Associative** – вкладка, с помощью опций которой осуществляется выбор массива конструктивных элементов, с которым предполагается ассоциативно связать массив компонентов. Размещение и интервал между элементами этого массива соответствуют аналогичным параметрам массива конструктивных элементов. При изменении массива конструктивных элементов автоматически изменяется и массив компонентов сборки. Зависимости, связывающие исходный компонент сборки с элементом массива конструктивных элементов, реплицируются и поддерживаются для всех элементов массива компонентов. Имя массива конструктивных элементов отображается в поле **Feature Pattern Select**



✓  **Rectangular** – вкладка, с помощью опций которой осуществляется создание прямоугольного массива компонентов либо путем задания количества столбцов и рядов массива и интервалов между ними, либо путем копирования соответствующих параметров имеющегося массива конструктивных элементов детали


Ø **Column and Row Placement** – зона, в которой задаются параметры размещения столбцов и рядов

§ **Direction** – кнопка задания направления столбцов или рядов путем выбора ребра или оси. Если массив компонентов создается на основе массива конструктивных элементов, количество столбцов и рядов, а также интервалы между ними копируются из массива конструктивных элементов

§ **Flip** – кнопка изменения направления столбцов или рядов на противоположное

§ **Count** – текстовая строка, в которой задается количество столбцов или рядов массива. По умолчанию задано значение 2. Значение должно быть положительным

§ **Spacing** – текстовая строка, в которой задается интервал между столбцами массива. По умолчанию задано значение 2. Значение должно быть положительным

✓  **Circular** – вкладка, с помощью опций которой осуществляется создание кругового (по окружности или дуге) массива компонентов либо путем задания количества элементов массива и углового интервала между ними, либо путем копирования соответствующих параметров имеющегося массива конструктивных элементов детали



Ø **Circular Placement** – зона, в которой задаются параметры размещения:

§ **Rotation Axis** – кнопка выбора оси, вокруг которой должны располагаться вхождения. Ось может располагаться на плоскости, отличной от плоскости массива

§ **Flip** – кнопка изменения направления массива на противоположное

§ **Count** – текстовая строка, в которой задается количество элементов массива на окружности или дуге. По умолчанию задано значение 4. Значение должно быть положительным

§ **Angle** – текстовая строка, в которой задается угловой интервал между элементами массива. По умолчанию задано значение 90 градусов. Значение должно быть положительным

Алгоритм создания ассоциативной связи между массивом компонентов изделия и массивом конструктивных элементов

1. Вставить в сборку один или несколько компонентов
2. Щелкнуть по кнопке **Pattern Component** и перейти на вкладку **Associative**
3. В браузере или в графической области выбрать один или несколько компонентов для создания массива
4. На вкладке **Associative** нажать кнопку со стрелкой. В графической области выбрать элемент массива конструктивных элементов детали.

Создается массив компонентов изделия, в котором размещение и интервал между элементами соответствуют аналогичным параметрам массива конструктивных элементов. При изменении массива конструктивных элементов автоматически изменяется и массив компонентов изделия. Зависимости, связывающие исходный компонент изделия с элементом массива конструктивных элементов, реплицируются и поддерживаются для всех элементов массива компонентов





Алгоритм создания прямоугольного массива компонентов

1. Вставить в изделие один или несколько компонентов.
2. Щелкнуть по кнопке **Pattern Component** и перейти на вкладку **Rectangular**
3. В браузере или в графической области выбрать один или несколько компонентов для создания массива.
4. В группе опций **Column Placement** нажать кнопку со стрелкой и задать направление столбцов массива, указав прямолинейное ребро или рабочую ось. Если необходимо, нажать кнопку **Flip** для смены направления на противоположное.
5. Ввести количество столбцов в массиве и интервал между ними.
6. В группе опций **Column and Row Placement** задать направление рядов, их количество и интервал между ними. Если требуется изменить направление рядов на противоположное, установить флажок **Flip**
7. Если это необходимо, наложить требуемые зависимости для позиционирования отдельных элементов массива.

Алгоритм создания кругового массива компонентов путем задания оси, количества элементов массива и интервала между элементами:

1. Вставить в сборку один или несколько компонентов
2. Щелкнуть по кнопке **Pattern Component** и перейти на вкладку **Circular**
3. В браузере или в графической области выбрать один или несколько компонентов для создания массива
4. В группе опций **Circular Placement** нажать кнопку со стрелкой и задать ось массива, указав ребро или рабочую ось. Если требуется изменить направление создания массива на противоположное, щелкнуть по кнопке **Flip**
5. Задать количество элементов массива на дуге или окружности и угловой интервал между элементами
6. Если это необходимо, наложить требуемые зависимости для позиционирования отдельных элементов массива.

Можно подавлять один или несколько элементов массива компонентов, если эти элементы имеют пространственное пересечение с другими компонентами, такими как штоки, зубцы или крепежные детали, или с другими геометрическими объектами. Подавленные элементы массива не отображаются в графической области и не принимаются в расчет при обновлении изделия. Подавленные элементы также не принимаются в расчет при анализе на пространственное пересечение и не учитываются в таблице составных частей.

Алгоритм подавления элемента массива компонентов

1. Развернуть структуру массива в браузере. Подавлять элемент можно только в том случае, если элемент виден в браузере.
2. В браузере выбрать один или несколько элементов массива, которые требуется подавить
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Suppress** из контекстного меню
4. В браузере значок подавленного элемента приобретает серый цвет, а текст записи о нем перечеркивается
5. Для отмены подавления элементов массива следует выбрать требуемые элементы массива в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и еще раз выбрать команду контекстного меню **Suppress**, сняв тем самым соответствующий флажок.

Можно выбрать один или несколько элементов массива и отсоединить их от массива. Детали останутся на своих местах, однако они потеряют связь с массивом, станут независимыми. Копии компонентов, содержащихся в элементе сохраняются в конце списка браузера. Отсоединенные детали можно перемещать и удалять. При восстановлении элементов массива отсоединенные элементы автоматически не удаляются. Для того чтобы избежать ситуации, когда две детали помещены в одно и то же место, отсоединенные детали следует переместить или удалить.

Алгоритм отсоединения элемента массива

1. Развернуть структуру массива в браузере.
2. В браузере выбрать один или несколько элементов массива, которые требуется отсоединить.
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Independent** из контекстного меню. В браузере на разрыв связи с массивом указывает специальный символ.
4. Для этого восстановления элементов массива в массив следует щелкнуть правой кнопкой мыши на отсоединенном элементе и снять флажок **Independent** в контекстном меню.

## 8.5.2 ЗАМЕНА КОМПОНЕНТОВ ИЗДЕЛИЯ

В процессе проектирования часто возникает необходимость замены одного или нескольких компонентов изделия или массива изделия. Например, это может потребоваться при замене замещающих компо-

нентов стандартными покупными компонентами или при замене компонентов, поставляемых одним поставщиком, компонентами другого поставщика.

При выполнении замены:

- можно выбирать, как только одно вхождение компонента, так и все вхождения этого компонента в изделие, независимо от их местоположения в иерархической структуре
- при замене компонента в массиве замещаются и все его вхождения. Если элемент массива изделия содержит несколько единиц одного и того же компонента удаляются не все вхождения этого компонента, при этом сборочные зависимости, если это возможно, сохраняются
- вхождение нового компонента вставляется в местоположение выбранного для замены вхождения исходного компонента. Если заменяются все вхождения исходного компонента, вхождения нового компонента также вставляются на те же самые места
- сборочные зависимости, если это возможно, сохраняются. Если формы нового и замененного компонентов различны, некоторые зависимости могут быть утеряны и для корректного позиционирования нового компонента потребуется наложить их заново

- система координат нового компонента совмещается с системой координат замененного компонента.

Алгоритм замены компонента в изделии

1. Выбрать компонент для замены в браузере или в графической области.
2. На панели инструментов **Assembly** нажать кнопку со стрелкой вниз, расположенную рядом с кнопкой **Replace Component**, и выполнить одну из следующих инструкций:
  - щелкнуть по кнопке **Replace Component** и выбрать вхождение компонента, которое требуется заменить.
  - щелкнуть по кнопке **Replace All** и выбрать компонент, все вхождения которого в текущем изделии требуется заменить.
3. В диалоговом окне открытия файлов перейти к папке, в которой содержится требуемый компонент, выбрать его и нажать **Open**
4. Выводится уведомление о том, что зависимости и конструктивные пары, если это возможно, сохраняются.
5. Если некоторые зависимости не были сохранены, для позиционирования компонента и удаления его степеней свободы следует наложить зависимости.
6. Для продолжения нажать ОК. Для того чтобы отменить замену, нажать **Close**.

### 8.5.3 ПЕРЕМЕЩЕНИЕ (MOVE) И ПОВОРОТ (ROTATE) КОМПОНЕНТА СБОРКИ

Позиционирование компонентов изделия задается зависимостями, наложенными на компоненты. Компонент, для того чтобы лучше рассмотреть его конструктивные элементы, можно перемещать. Для постоянного или временного перемещения компонента следует использовать один из следующих методов:

- свободное перемещение. Используется для того, чтобы временного (без учета зависимостей) «отодвинуть» компонент. Это бывает необходимо в следующих случаях:
  - о для просмотра граней или конструктивных элементов выбранного компонента
  - о для просмотра граней или конструктивных элементов детали, которая загорожена выбранным компонентом
  - о для упрощения выбора граней или конструктивных элементов компонента путем перемещения его в свободную от других объектов область экрана.

Перемещение без учета зависимостей удобно, но оно является временным. Перемещенный компонент возвращается в местоположение, заданное наложенными на него зависимостями, при наложении новой зависимости или при обновлении или перестроении изделия

- не свободное перемещение. Используется для того, чтобы посмотреть, как перемещается компонент перетаскиванием мышью, на который наложены зависимости. При этом также изменяют свое положение все другие компоненты, связанные зависимостями с перетаскиваемым компонентом.

Изменять относительное позиционирование компонентов можно только в редактируемом узле. При перетаскивании компонента узла, который в настоящий момент не редактируется, компонент служит ручкой, за которую перетаскивается весь узел.

Для перемещения отдельного компонента в плоскости экрана:

1. Щелкнуть по кнопке **Move Component**, расположенной на панели инструментов **Assembly**.
2. При нажатой кнопке мыши следует выбрать компонент и перетащить его в новое местоположение.
3. Для того чтобы оставить компонент в новом местоположении, отпустить кнопку мыши.

Перемещенные компоненты подчиняются следующим правилам:

- компонент без зависимостей остается в новом местоположении до тех пор, пока на него не будет наложена зависимость.

- если зависимости задают позиционирование компонента частично, компонент позиционируется в соответствии с наложенными зависимостями и новым местоположением.
- если позиционирование компонента полностью определено зависимостями, при обновлении изделия он возвращается в исходное местоположение.

Базовый компонент вновь фиксируется в новом местоположении. Компоненты, связанные зависимостями с базовым компонентом, позиционируются соответственно.

Для поворота отдельного компонента:

- 1.Щелкнуть по кнопке **Rotate Component** кнопку, расположенную на панели инструментов **Assembly**
- 2.Щелкнуть мышью на компоненте, который требуется повернуть
- 3.Мышью задать требуемую ориентацию компонента:

- для свободного вращения компонента нажать кнопку мыши внутри орбитального кольца и переместить мышь в требуемом направлении.
- для поворота компонента относительно горизонтальной оси захватить верхнюю или нижнюю ручку орбитального кольца и переместить мышь в вертикальном направлении.
- для поворота компонента относительно вертикальной оси захватить левую или правую ручку орбитального кольца и переместить мышь в горизонтальном направлении.
- для поворота компонента в плоскости экрана поводить мышью по кольцу до изменения символа, захватить кольцо и переместить мышь по окружности.
- для изменения центра поворота щелкнуть мышью внутри или вне кольца.

- 4.Для того чтобы оставить компонент в новой ориентации, отпустить кнопку мыши

При обновлении изделия компоненты, на которые наложены зависимости, возвращаются в положение, заданное наложенными зависимостями, а компоненты, не имеющие зависимостей, остаются в новом местоположении. Компоненты, имеющие зависимости от повернутого базового компонента, позиционируются в соответствии с наложенными на них зависимостями с учетом нового положения базового компонента.

#### 8.5.4 УДАЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ИЗДЕЛИЯ

Компоненты в изделии обычно связаны друг с другом сборочными зависимостями. После того как станет понятно, как зависимости влияют на компоненты изделия, эти компоненты можно удалить

Для удаления компонента необходимо выбрать компоненты в браузере или в графической области, а затем удалить (команда **Delete** контекстного меню) или вырезать компоненты (нажать CTRL+X). Копия вырезанного компонента помещается в буфер обмена и ее можно вставить в другой файл.

Особенности удаления компонентов из файла сборки:

- вставленные компоненты можно выбрать как в графической области, так и в браузере.
- детали, созданные по месту могут быть удалены только тогда, когда активным является верхний уровень структуры изделия. В этом случае созданные по месту детали так же можно выбрать как в браузере, так и в графической области.

- детали в составе узлов могут быть удалены только тогда, когда активным является соответствующий узел. Следует дважды щелкнуть мышью на имени узла в браузере (для того чтобы открыть файл узла) и выбрать компонент

- удаление:

- компонентов может привести к восстановлению степеней свободы компонентов, положение которых до удаления было полностью определено
- компонентов может привести к изменению размеров и формы адаптивных элементов, на которые были наложены зависимости

- одного или нескольких вхождений одного и того же компонента не влияет на автоматическую схему именования компонентов в браузере. Если же пользовательская схема именования ссылается на удаленные компоненты, она должна быть пересмотрена

- при удалении компонентов, созданных по месту или вставленных непосредственно в открытое изделие, может понадобиться заново, наложить зависимости или воссоздать конструктивные элементы

Для удаления детали, созданной по месту:

- 1.Активизировать изделие, дважды щелкнув мышью на корневом элементе структуры изделия
- 2.Выбрать компонент в графической области или в браузере и выполнить одно из следующих действий:

- нажать клавишу **Delete**.
- щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Delete** из контекстного меню.
- для того чтобы вырезать компонент из изделия и поместить его в буфер обмена, нажать CTRL+X. Компонент удаляется из текущего изделия, однако его можно вставить в другой файл

Для удаления компонента, входящего в состав узла, следует открыть файл узла, дважды щелкнув мышью на этом узле либо в графической области, либо в браузере. Затем можно выбирать и удалять компоненты

Для перемещения детали в 3D-пространстве или добавить к деталям ограничения сборки, нужно вернуться в режим сборки, например, двойным щелчком мыши по имени сборки в дереве браузера. Для создания или редактирования детали следует перейти в режим детали, например двойным щелчком мыши по имени детали в дереве браузера

По умолчанию все компоненты изображаются в цвете, заданном опцией **As Material**, однако можно применять к компонентам другие цвета, что позволяет делать изображение сложной сборки более понятным. Например, вместо использования цветов, назначенных для материалов, можно одним цветом окрашивать все компоненты, поставляемые одним производителем, а другим цветом — все компоненты, поставляемые другим производителем. Изменение цвета компонента применяется только к вхождению компонента и не влияет на цвет, заданный для материала этого компонента.

Алгоритм задания цвета компонента:

1. Выбрать требуемый компонент в браузере или графической области.
2. На панели команд раскрыть список Color.
3. Выбрать из списка требуемый цвет.
4. Выбранный цвет применяется к выбранному компоненту. При создании именованного вида заданные для компонентов цвета сохраняются в этом виде.

### 8.5.5 РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СБОРКИ

Реальные изделия состоят из деталей, которые скомбинированы в узлы. При проектировании часто известен необходимый набор деталей, однако решение об их комбинировании в узлы еще предстоит принять. Inventor позволяет вставлять детали в сборку, или создавать их по месту, не заботясь об их конечном местоположении в иерархической структуре.

Компоненты отображаются в иерархической структуре в том порядке, в котором они были вставлены в изделие. Иерархическую структуру сборки можно реструктурировать путем перемещения в ней отдельных деталей, групп деталей, массивов деталей или целых узлов, не изменяя при этом позиционирования деталей в самом изделии. Изменять местоположение компонентов в иерархической структуре (включая смену узла, к которому принадлежит компонент) можно перетаскивая их в браузере.

Приняв решение о структуре узла, можно перетащить в этот узел все требуемые компоненты. Каждый перемещенный компонент по умолчанию добавляется внизу дерева узла.

В многопользовательской среде файл может использоваться другим проектировщиком или может быть заблокированным (защищенным от изменений). Для перемещения компонента из одного узла в другой необходимо иметь права на запись, как в файл исходного узла, так и в файл целевого узла.

При перемещении компонентов или массива компонентов из одного узла в другой необходимо учитывать следующие особенности:

- зависимости, наложенные между перемещаемыми компонентами одного и того же исходного изделия, сохраняются. Если в процессе реструктуризации перемещается зависимость, переменная этой зависимости и все связанные с ней переменные также должны быть перемещены
- адаптивность перемещаемых компонентов сохраняется.
- перемещенные компоненты удаляются из имеющихся именованных видовых изображений исходного узла и отображаются в именованных видовых изображениях нового узла.
- доступность и видимость перемещенных компонентов сохраняются в именованных видовых изображениях нового изделия.

Порядок компонентов в иерархической структуре изделия можно изменить с целью приведения его в соответствие с особенностями конструкции изделия. Изменение порядка компонентов в браузере не приводит к изменению местоположения компонентов в графической области. Также сохраняются зависимости, наложенные между компонентами одного и того же исходного узла.

Для изменения порядка компонентов в иерархической структуре изделия необходимо в браузере захватить компонент мышью и перетащить его в требуемое местоположение в иерархической структуре сборки и отпустить кнопку мыши.

Функция обновления генерирует изображения деталей и узлов с учетом изменений, сделанных в текущем сеансе редактирования и хранящихся в памяти. Обновляются как графическая область, так и браузер. Функция обновления показывает, все ли элементы изделия обновлены. При значительных изменениях модели (например, при редактировании детали по месту или при наложении или изменении зависимости) по умолчанию предлагается полное обновление.

Обычно пользователь предпочитает видеть результаты изменений сразу после их выполнения, поэтому по умолчанию обновления инициализируются автоматически. При необходимости задержки обновления



функцию автоматического обновления можно отключить, например, при наложении большого числа зависимостей. В последнем случае позиционирование компонентов не изменяется, пока функция обновления не будет вызвана пользователем вручную.

Для того чтобы включить режим обновления вручную следует по команде **Tools/Application Options** открыть вкладку **Assembly** и установить флажок **Defer Update**. Для автоматической инициализации обновления снять этот флажок.

Для обновления одного или всех компонентов текущего изделия вручную следует нажать кнопку со стрелкой, расположенную рядом с кнопкой **Update** на панели команд и выбрать опцию:

- если в один или несколько компонентов внесены существенные изменения, выбрать **Full Update**

При этом обновляются все компоненты изделия

- для обновления только текущего компонента и вложенных в него компонентов выбрать **Local Update**

Кнопка **Update** неактивна, когда все компоненты изделия обновлены.



## ГЛАВА 9 СБОРОЧНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ СБОРКИ

Пока компонент не заземлен, он может свободно перемещаться в 3D-пространстве- может иметь шесть степеней свободы: может быть перемещен вдоль трех осей X, Y и Z (поступательные степени свободы), а также повернут вокруг этих осей (вращательные степени свободы). Чтобы установить компонент на свое место в сборке, его можно:

- переместить. Для этого следует щелкнуть по кнопке **Move Component** на панели инструментов **Assembly**, выбрать компонент и переместить его, с помощью мыши, в новое место;
- повернуть. Для этого следует щелкнуть по кнопке **Rotate Component** на панели инструментов **Assembly**, выбрать компонент и повернуть его, используя буксировку мышью

Перемещение или поворот компонента не влияет на его число степеней свободы – компонент всего лишь перемещается в другую точку пространства и/или приобретает новую ориентацию.

### 9.1 DOF-СИМВОЛ ЧИСЛА СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

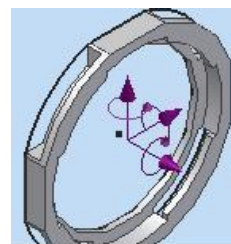
Первоначально компоненты, размещаемые или создаваемые в сборке, могут свободно двигаться в 3D пространстве по трем поступательным (перемещение по осям X, Y и Z) и трем вращательным направлениям (вращение вокруг осей X, Y и Z). Возможность выполнения таких перемещений называется степенями свободы.

После создания деталей и подборок производится наложение зависимостей (ограничений) для позиционирования их в сборке относительно друг друга, в результате чего каждая деталь лишается некоторой степени свободы для движения в пространстве и обеспечиваются требуемые связи между деталями сборки. Число степеней свободы определяет подвижность детали в некотором направлении - чем больше зависимостей наложено, тем меньше деталь может двигаться. При наложении зависимости между двумя геометрическими объектами удаляется одна или сразу несколько степеней свободы. Перемещение возможно только в направлении оставшихся степеней свободы.

Компонент, позиционирование которого в сборке полностью определено, невозможно ни переместить в каком-либо направлении, ни повернуть относительно какой-либо оси. Его положение фиксировано относительно других компонентов сборки - все степени свободы такого компонента удалены. Обычно только базовая деталь не имеет степеней свободы, а остальные детали могут передвигаться относительно основания.

Полное определение позиционирования компонентов является хорошей практикой. Это делает поведение компонентов при редактировании сборки предсказуемым. Однако иногда для сохранения возможностей изменения проекта лучше оставить некоторые степени свободы компонентов. Для того чтобы избежать неоправданных усложнений, рекомендуется накладывать только те зависимости, которые делают поведение компонентов предсказуемым. Удаление излишних зависимостей, которое может потребоваться для внесения в проект изменений, требует существенных трудозатрат и занимает значительное время.

DOF-символ степеней свободы помогает конструктору визуализировать процесс наложения зависимостей на детали, так как показывает порядок вхождения деталей и то, как они могут двигаться, т.е. показывает, скольких степеней свободы деталь лишена. Отображение DOF-символа деталей сборки в центре детали осуществляется после выполнения команды **View/Degrees of Freedom**. DOF-символ особенно полезен при наложении зависимостей, но для облегчения чтения чертежей может быть выключен.



Поскольку детали и их сборочные зависимости имеют параметрический характер, то они могут быть отредактированы. Сборочные зависимости, наложенные на каждую деталь постоянно, сохраняются вместе со сборкой и позволяют параметрическое обновление изменении детали.

По умолчанию первый компонент, размещенный или созданный в сборке, фиксируется в 3D-пространстве. Зафиксированный объект является заземленным, не обладающий степенями свободы объектом, т.е. объектом, который не может перемещаться. Чтобы освободить заземленный объект, следует выбрать его, щелкнуть правой кнопкой мыши, и в контекстном меню снять флажок с команды **Grounded**. И наоборот, при необходимости фиксации объекта в 3D-пространстве его следует заземлить, установив флажок на команде **Grounded** в контекстном меню компонента.

### 9.2 ОГРАНИЧЕНИЯ СБОРКИ (CONSTRAINTS)

Файлы сборки содержат более одной детали. Чтобы ограничить возможность перемещения компонентов в 3D-пространстве и выровнять его по отношению к другим компонентам сборки, для выбранных граней, кромок или вершин деталей и начала координат (с тремя рабочими осями, направленными вдоль осей

X,Y,Z) компонента вводятся ограничения сборки. Применение сборочных зависимостей позволяет задать для компонентов соединяемых в сборочный узел положение отдельных компонентов. Наложение сборочных зависимостей позволяет полностью определить положение деталей относительно друг друга.

Сборочные зависимости связи определяют, как компоненты в сборке соединяются друг с другом, - они позиционируют два компонента друг относительно друга и уменьшают количество степеней свободы этих компонентов. Предварительный просмотр результата до фактического наложения зависимости помогает корректно позиционировать компоненты. После выбора типа зависимости, двух компонентов, задания угла или смещения компоненты автоматически позиционируются в соответствии с накладываемой зависимостью. Это позволяет требуемым образом подстроить параметры зависимости.

В Inventor существуют три типа сборочных ограничений, каждый из которых может иметь несколько решений, которые определяются направлением вектора нормали компонента:

**✓Статические**, задающие позиционирование компонентов. Зависимости этого типа используются для создания сборки в ситуациях, требующих наложения зависимости между двумя деталями путем задания: точки, оси, плоскости или не планарной поверхности (сфера, конус, цилиндр или тор). Выбор геометрии определяет, какую зависимость совмещения использовать. Конструктор может создавать зависимости совмещения, используя любую комбинацию этих объектов:

**ØMate** - зависимость типа совмещение. Совмещение - это плоскостное позиционирование выбранных граней компонентов параллельно друг другу с совмещением граней или с выравниванием граней заподлицо. Грани могут быть смещены на заданное расстояние друг от друга. Ограничение **Mate** приводит к тому, что два выбранных элемента (точки, дуги, плоские грани, рабочие элементы) сопрягаются или располагаются со смещением в одном направлении таким образом, что нормали к совмещаемым элементам направлены навстречу друг другу. Зависимость данного типа устраняет одну поступательную и две вращательные степени свободы между плоскими поверхностями. Существуют особенности задания зависимости:

**§сопряжение по плоскости** — позиционирование компонентов с совмещением граней или с выравниванием граней заподлицо. Определяется выбором плоской, рабочей плоскости, двух осевых объектов, точки и оси или трех точечных объектов. Две детали сборки располагаются так, чтобы нормали к выбранным плоскостям были направлены в противоположные стороны

**§сопряжение по линии**. Определяется выбором линии или линейной кромки твердотельной модели, оси дуги, цилиндра, конуса или тора, рабочих осей или двух точечных объектов. Две детали сборки располагаются так, чтобы совместились их линии или центровые линии дугообразных либо круговых кромок

**§сопряжение в точке**. Определяется выбором конечных точек линии, кромки твердотельной модели, центра дуги, сферы или тора, рабочей точки, точки AutoCAD или ближайшей точки выбранной кромки поверхности. Две детали сборки располагаются так, чтобы совместились их точки - центры дугообразных кромок, конечные или центральные точки

Для того чтобы быстро наложить зависимость совмещения с нулевым смещением, следует, удерживая нажатой клавишу ALT, перетащить компонент сборки в требуемое местоположение

**ØAngle** - зависимость сопряжение под углом. Позиционирование ребер или плоских граней двух компонентов под заданным углом. Зависимость данного типа устраняет одну вращательную степень свободы и две степени свободы углового вращения между плоскими поверхностями.

Данное ограничение приводит к тому, что детали располагаются так, чтобы угол между выбранными гранями или плоскостями был равен заданному. Задание такой зависимости позволяет контролировать угол между двумя плоскостями, двумя векторами или комбинацией плоскости и вектора. Плоскости и векторы могут быть определены комбинацией точек, осей и плоскостей. Базовые элементы определения точки, оси и плоскости перечислены в таблице

ТОЧКА	ОСЬ	ПЛОСКОСТЬ
точкой на указанной кромке поверхности	линией или линейной кромкой твердотельной модели	плоской гранью детали
концом кромки твердотельной модели	осью дуги, цилиндра, конуса или тора	дугой
центром дуги, сферы или тора	рабочей осью	рабочей плоскостью
рабочей точкой	двумя точечными объектами	двумя осевыми объектами
точкой AutoCAD		точкой и осью
концом линии		тремя точечными объектами

**ØTangent** - зависимость сопряжения с касанием. Позиционирование плоскостей, цилиндров, сфер, конусов и сплайнов по касательной друг к другу при контакте в точке касания. Зависимость данного типа устраняет одну поступательную (между цилиндром и плоскостью), одну линейную и одну вращательную степень свободы.

Данное ограничение приводит к тому, что выбранные плоскости, плоские, цилиндрические, сферические или конические грани смыкаются друг с другом в точке касания или на определенном расстоянии (в



данном случае пользователь может выбирать только грани) Касание может выполняться как с внутренней, так и с внешней стороны образующей линии в зависимости от направления выбранной нормальной поверхности. При внешнем решении компоненты касаются своими внешними гранями, а при внутреннем внешняя грань одного компонента касается внутренней грани другого.

Зависимость применяется также для концентрического совмещения выбранных дуг. Для наложения зависимости следует выбрать дуги цилиндра и отверстия, которые необходимо совместить. Тангенциальное ограничение удаляет 1 степень свободы линейного перемещения. Компонент можно располагать по касательной к нескольким граням. Это позволяет имитировать работу подвижных компонентов (например, кулачков) и проверять корректность конструкции

**√Insert** - зависимость соединения со вставкой. Данная зависимость является комбинацией ограничения соприкосновения поверхность по поверхности для плоскостей и ограничением совмещения между двумя осями двух компонентов и используется для создания связи между двумя деталями с круглыми кромками или плоскостями, имеющих общую ось. Такая зависимость оставляет вращательную степень свободы

Зависимости этого типа накладываются только на торцевые грани цилиндра и отверстия. Зависимость обеспечивает позиционирование цилиндрической поверхности с плоскостью, перпендикулярной оси цилиндра. Команда связывает детали, совмещая выбранные кромки или кромки по одной оси, а грани делает компланарными. В этом случае задание зависимости приводит к тому, что грани с выбранными круговыми кромками выравниваются и располагаются концентрично друг другу. При выборе круговых кромок на разных деталях, центровые линии деталей выравниваются, а к плоскостям, заданным круговыми кромками, применяется ограничение сопряжения. Ограничение этого типа отбирает пять степеней свободы и может быть установлено для деталей, имеющих круговые кромки (только!), поскольку они определяют центровую линию/ось и плоскость в каждой детали.

Данное ограничение используется, например, для позиционирования тела болта в отверстии. При таком ограничении удаляются все степени свободы, кроме вращения деталей вокруг оси.

**ØMotion** - динамические зависимости, моделирующие относительное движение компонентов сборки. Так как такое перемещение возможно при наличии хотя бы одной степени свободы, то оно не должно конфликтовать с установленными статистическими ограничениями, задающими позиционирование компонентов, а также не влияют на размеры адаптивных деталей и не перемещают базовых компонентов. Детали, связанные динамической зависимостью, будут двигаться в соответствии с заданным направлением и заданным передаточным числом

Динамические зависимости можно налагать между линейными, плоскими, цилиндрическими и коническими элементами. В открытом диалоговом окне (во время наложения или редактирования зависимости) можно изменять тип зависимости. Когда курсор расположен над компонентом, стрелка указывает направление зависимости.

Динамические зависимости также отображаются в браузере. Если расположить курсор на элементе или выбрать элемент в браузере, компоненты, связанные зависимостями, подсвечиваются в графической области.

**ØRotation** - зависимость типа вращение. Моделирование вращения одного компонента в зависимости от вращения другого компонента с заданным передаточным числом. Обычно используется для применения в зубчатом зацеплении и передачах скольжения. Данная опция обычно применяется для демонстрации плоскостного движения (фрикционного), такого как рейка по колесу

**ØRotation-Translation** - зависимость вращательно-поступательная (реечная передача). Моделирование вращения одного компонента в зависимости от поступательного движения другого компонента

**√Transitional** - управляющие зависимости (зависимости скольжения) задают предполагаемую взаимосвязь между (как правило) цилиндрической гранью одной детали и набором смежных граней другой детали. Примером может служить кулачок в пазу. Управляющая зависимость позволяет сохранять контакт между гранями при перемещении компонента вдоль имеющихся степеней свободы



Наложение зависимостей ограничивает свободу перемещения компонентов. В зависимости от геометрии компонента, наложение зависимости может либо уменьшить количество степеней свободы, либо ограничить перемещение компонента определенными траекториями. Например, если наложить зависимость типа **Tangent** на два шара, они продолжают обладать всеми шестью степенями свободы, однако переместить любой из этих шаров только в одном направлении становится невозможным.

Основные рекомендации по наложению сборочных зависимостей:

- наложение зависимостей совмещения лучше производить первыми, а зависимости других типов рекомендуется накладывать после того
- не рекомендуется накладывать зависимости на конструктивные элементы, которые в дальнейшем могут быть изменены или удалены






- при вставке следующей детали и наложении зависимости между этой деталью и базовой деталью, новая деталь позиционируется в соответствии с заданными ограничениями относительно базовой детали
- при вставке следующих компонентов также накладываются зависимости, которые позиционируют новые детали относительно уже имеющихся в сборке компонентов
- после наложения статических зависимостей, задающих позиционирование компонентов сборки друг относительно друга, накладываются динамические зависимости, которые позволяют моделировать вращение и поступательное движение компонентов по оставшимся степеням свободы. При моделировании движения двух компонентов можно задавать передаточное число
- при проектировании сложной сборки рекомендуется создавать несколько небольших сборок (узлов) и сохранять их в отдельных файлах. Затем созданные узлы вставляются в файл сложной сборки как компоненты. Зависимости также накладываются на весь узел. Группировать детали в узлы целесообразно, если предполагается неоднократное использование их определенной комбинации в нескольких сборках. Для изменения конфигурации сборки можно редактировать небольшие узлы, а также перегруппировывать детали
- перетаскивая компонент мышью, можно выявить, какие зависимости наложены на компонент

### 9.2.1 ОБНАРУЖЕНИЕ И ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК ПРИ НАЛОЖЕНИИ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Inventor автоматически обнаруживает зависимости, которые конфликтуют с другими зависимостями или не могут быть рассчитаны, и информирует пользователя о возникающих ошибках. Наличие ошибки зависимостей не приводит к повреждению геометрических объектов, это просто означает, что два компонента не могут быть связаны между собой этим способом.

Кроме появляющегося сообщения об ошибке и ее характере, в графической области подсвечиваются соответствующие геометрические объекты. Можно либо отредактировать зависимость и устранить ошибку, либо принять зависимость с ошибкой и отредактировать ее позднее. Зависимости с ошибками помечаются в браузере специальными символами.

Для обозначения ошибок используются следующие символы:

-  - предоставляется помощь в устранении ошибки. Щелчок мышью на этом символе вызывает корректор ошибок **Design Doctor**, помогающего пользователю устранить ошибку с помощью пошаговой процедуры
-  - предоставляется список советов по использованию средств устранения ошибок. Для просмотра информации об окне сообщений следует нажать кнопку справки в окне сообщения об ошибке
-  - состояние ошибки. Если пользователь принял ошибку зависимости, такая зависимость помечается в браузере именно этим символом
-  - предоставляется информация о зависимости, попытка наложить которую была предпринята. Если обнаружено несколько проблем, то в процессе оценки необходимых для устранения ошибки действий можно разворачивать и сворачивать иерархическую структуру сообщения
-  - копирование сообщений в буфер обмена. Пользователь может затем вставить их в текстовый документ или в сообщение электронной почты
- **Edit** - повторное открытие диалогового окна для данной операции. Пользователь может задать в нем другие параметры
- **Cancel** - отмена операции без сохранения каких либо изменений
- **Accept** - сохранение изменений, даже если проблема не решена. Символ наличия ошибки добавляется к конструктивному элементу в браузере; она может быть исправлена позже

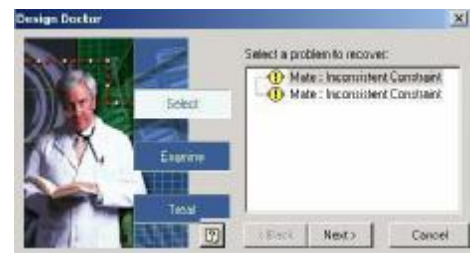
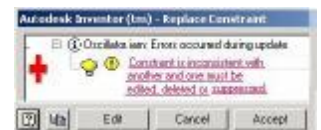
Для диагностики проблем и получение рекомендаций по их решению:

1. Щелкнуть на красном кресте в окне сообщений или щелкнуть в браузере правой кнопкой мыши на ошибочной связи и выбрать из контекстного меню **Edit**

2. При необходимости, если **Design Doctor** активен, можно изменить вид в графическом окне, используя функциональные клавиши: F2 - панорамирование, F3 – зуммирование, F4 - вращение

3. Щелкнуть по кнопке **Select** для просмотра списка всех ошибок в модели. В сборке сообщения о проблемах с отдельными конструктивными элементами вложены в соответствующие им детали. Выбрать ошибку для исправления

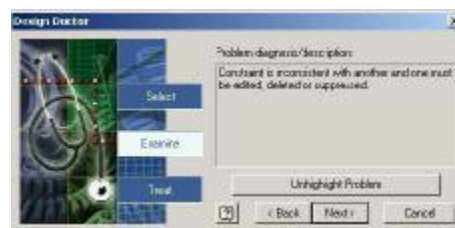
- если **Design Doctor** открыт, то нажатием кнопки **Edit** на панели меню, выделяется первая ошибка в списке.



• если **Design Doctor** открыт, то нажатием красного креста в окне сообщений или щелчком на значке неудачной операции в браузере, выделяется соответствующая ошибка.

4. Щелкнуть по кнопке **Examine**. В открывшемся окне содержится детальная информация и предлагаемые решения для выбранной ошибки. Проблема выделяется цветом в графическом окне. Чтобы снять или вернуть это выделение, достаточно щелкнуть мышью на соответствующей кнопке. Если проблема не может быть выделена цветом в графическом окне (например, при недоступной геометрии), то вместо кнопки **Highlight** появляется кнопка **Continue Examination**. Чтобы найти источник проблемы, следует нажать эту кнопку. В окне воспроизводится весь процесс создания конструктивного элемента

5. Щелкнуть по кнопке **Treat**. В открывшемся окне отображаются возможные варианты исправления выбранной ошибки. Выбрать требуемый вариант. Исправление производится после закрытия **Design Doctor**



## 9.2.2 НАЛОЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ALT-ПЕРЕТАСКИВАНИЯ

Сборочные зависимости задают положение компонентов сборки друг относительно друга. При необходимости, зависимости можно налагать контекстно, т.е. без вызова диалогового окна, простым перетаскиванием компонента при нажатой клавише ALT. Если нажать и удерживать кнопку Alt и поместить компонент в нужную позицию, то автоматически накладывается нужная связь. Наложенную зависимость можно предварительно просмотреть в графической области путем перетаскивания ее над выбранным компонентом.

- тип накладываемой зависимости определяется выбором геометрических объектов:
  - для наложения зависимости совмещения или зависимости типа **Mate** следует выбрать плоскую грань, прямолинейное ребро или ось
  - для наложения зависимости касательности следует выбрать криволинейную грань
  - для наложения зависимости типа **Insert** следует выбрать круговое ребро.
- удерживая нажатой клавишу ALT, выбрать компонент и перетащить его в требуемое положение. При перемещении выбранного объекта возле конструктивных элементов других деталей отображаются возможные типы зависимостей:
  - при размещении цилиндрической детали над другой цилиндрической деталью или отверстием, накладывается связь сопряжения вдоль оси
  - если перенесенная деталь размещается над плоскостью компонента, накладывается связь между плоскими поверхностями
  - когда компонент будет около другого компонента, предварительно показывается связь. При помещении его в нужном положении, с помощью мыши налагается связь сопряжения
- при необходимости, циклически перебирать опции можно с помощью клавиши пробела:
  - выбрать зависимость совмещения или зависимость типа **Mate**.
  - выбрать сторону для зависимости касательности (внешнюю или внутреннюю сторону криволинейной грани).
  - выбрать направление для зависимости типа **Insert**.
- при необходимости, переместить компонент в новое положение и выбрать требуемую опцию.
- когда детали перемещены в требуемое положение, для наложения зависимости требуется отпустить кнопку мыши. Звуковой сигнал привязки указывает на то, что на компоненты наложена зависимость.

Если грань, на которую требуется наложить зависимость, является скрытой, следует дождаться отображения панели выбора. Далее следует выбрать требуемую опцию, циклически перебирая возможные варианты, и щелкнуть мышью на центральной точке на панели для подтверждения выбора и наложения зависимости. В браузере символ наложенной зависимости отображается для обоих компонентов.


При наложении зависимостей в контекстном режиме при нажатой клавише ALT, можно изменить тип накладываемой зависимости и после того, как начато перетаскивание первой детали. Отпустить клавишу ALT и нажать одну из следующих клавиш (латинские буквы):

- **M** или **1** - выбор зависимости совмещения. Для наложения зависимости типа **Mate** нажать пробел
- **A** или **2** - выбор зависимости типа **Angle**. Для изменения направления угла нажать пробел

- **T** или **3** - выбор зависимости касательности. Для переключения между внутренней и внешней сторонами грани нажать пробел
- **I** или **4** - выбор зависимости типа **Insert**. Для изменения направления нажать пробел
- **R** или **5** - выбор зависимости типа **Rotation**. Для изменения направления вращения нажать пробел
- **S** или **6** - выбор вращательно-поступательной зависимости. Для выбора направления вращательно-поступательного движения нажать пробел
- **X** или **8** - выбор управляющей зависимости

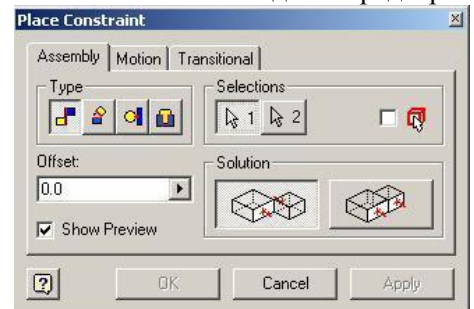
Наложенные зависимости отображаются в браузере. Чтобы уточнить на какие компоненты была наложена зависимость? можно в окне браузера нажать значок зависимости. Имена зависимостей можно изменять. Например, в имени зависимости можно указать, что эту зависимость можно варьировать.


### 9.2.3 ДИАЛоговое окно наложения ограничений сборки PLACE CONSTRAINT


С помощью опций диалогового окна **Place Constraint** можно накладывать зависимости, направленные на уменьшение числа степеней свободы двух выбранных компонентов, задающие относительное позиционирование компонентов друг относительно друга и управляющие анимацией. Диалоговое окно **Place Constraint** открывается после щелчка по одноименной кнопке  на панели инструментов **Assembly**. В этом диалоговом окне содержится три вкладки, на которых имеются следующие опции:


✓ **Assembly** – вкладка, на которой задаются ограничения, уменьшающие число степеней свободы выбранной пары компонентов. При задании ограничений для адаптивных компонентов необходимо предварительно ее предварительно сформировать


Ø **Type and Solutions** – зоны, в которой задается тип ограничения и предоставляется визуальное отображение значения зависимости, чтобы пользователь мог предварительно увидеть результат наложения зависимости. В открытом диалоговом окне пользователю предоставляется возможность изменить наложенное ограничение. При выборе поверхности, кривой или точки, стрелка указывает направление задания по умолчанию. Для изменения значения необходимо щелкнуть по примеру, расположенному в зоне **Solution**





§  **Mate** – кнопка наложения ограничения плоскостного совмещения плоскость к плоскости или с направлением их плоских поверхностей в одну сторону. Обычно выбираются поверхности компонентов, но можно выбрать линию, плоскость или точку. В зоне Solution приводятся две опции данного ограничения:


-  **Mate** – позиционирование указанных поверхностей перпендикулярно друг другу при соприкосновении поверхностей. Опция предназначена для наложения связи на элементы лицом к лицу (или чтобы сделать линии, плоскости или точки совпадающими). Эта опция позволяет создать зазор между элементами


-  **Flush** – позиционирование двух поверхностей соприкасающихся с выравниванием по одной поверхности. Эта опция позволяет совместить элементы и направить вектора нормалей в одном направлении

§  **Angle** – позиционирование кромок или плоских поверхностей двух компонентов под заданным углом. Данное ограничение удаляет 1 степень свободы. Для каждой пары компонентов имеется четыре возможных решения, при которых выбранные грани или ребра компонентов сборки образуют заданный угол. Вектора нормалей можно выбирать отдельно для каждого из элементов. Для изменения значения необходимо щелкнуть по примеру, расположенному в зоне **Solution**:


-  **Flip first selection** – реверсирования вектора нормали на одной или обеих выбранных плоскостей поворот (поворот на 1800)

-  **Flip second selection** - поворот второй выбранной детали на 1800

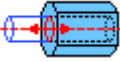
§  **Tangent** – зависимость, обеспечивающая соприкосновение в точке касания. В зоне Solution приводятся две опции задания позиции касания:


-  **Inside** – позиционирование первой выбранной детали внутри второй выбранной детали в точке касания




-  **Outside** - позиционирование первой выбранной детали снаружи второй выбранной детали в точке касания. Данное ограничение является ограничением по умолчанию


§  **Insert** – ограничение вставки. В зоне **Solution** приводятся две опции изменения направления связи одной или обеих плоскостей компонентов:


-  **Opposed** – противоположное направление при соприкосновении выбранных компонентов

-  **Aligned** – соприкосновение двух компонентов производится в одном направлении

**ØSelection** - зона, в которой содержатся кнопки выбора геометрии компонентов для наложения зависимостей. Пользователь может выбрать одну или более кромок, плоскостей или точек для определения того, как части будут соединены

§  **First Selection** – выбор кромки, грани, плоскости или точки, принадлежащих первому компоненту. После выбора элемента первого компонента, необходимо щелкнуть по кнопке 2 выбора элемента второго компонента

§  **Second Selection** - выбор кромки, грани, плоскости или точки, принадлежащих второму первому компоненту. Для изменения элемента выбранного на первом компоненте, необходимо щелкнуть по кнопке 1


§  **Pick Part First** – выбор геометрии для единственного компонента. Данное ограничение используется, когда компоненты находятся в ограниченной близости или частично закрывают друг друга.


**ØOffset or Angle** – текстовое поле, в котором задается расстояние между компонентами при наложении ограничения. В случае, когда пользователю неизвестна требуемая величина расстояния или угла не известна, то после щелчка по стрелке, расположенной в правой части поля, пользователь может вернуться к модели и определить требуемую величину. Величина расстояния или угла может быть положительной и отрицательной, по умолчанию указанная величина задается равной нулю. Первый указанный элемент определяет положительное направление, задание отрицательной величины означает реверсирование расстояния или направления угла

**ØShow Preview** – кнопка, щелчок по которой позволяет просмотреть результат наложения зависимости соприкосновения для выбранной геометрии


**▼Motion** – вкладка, на которой содержатся опции задания относительного перемещения компонентов сборки. Ограничения движения приводятся в браузере. Если щелкнуть по браузеру или поместить курсор в заголовок браузера, то компоненты с ограничениями подсвечиваются в графическом окне.


**ØType and Solutions** – зоны, в которой определяется тип ограничения и иллюстрируется результат наложения зависимостей движения для выбранных компонентов. Данные ограничения могут накладываться между линейными, плоскостными, цилиндрическими и коническими элементами


§  **Rotation** – зависимость, обеспечивающая вращение первого выбранного компонента по второму компоненту в соответствии с заданным отношением

§  **Rotation-Translation** – зависимость, обеспечивающая вращательное движение первого компонента при прямолинейном движении второго компонента на заданное расстояние

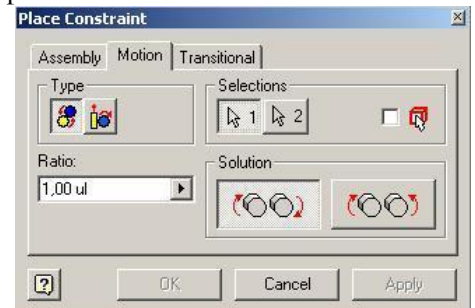
**ØSelection** – зона, в которой содержатся кнопки выбора геометрии компонентов для наложения зависимостей. Пользователь может выбрать одну или более кромок, плоскостей или точек для определения того, как части будут соединены

§  **First Selection** – выбор кромки, плоскости или точки, принадлежащих первому компоненту. После выбора элемента первого компонента, необходимо щелкнуть по кнопке 2 выбора элемента второго компонента

§  **Second Selection** - выбор кромки, плоскости или точки, принадлежащих второму первому компоненту. Для изменения элемента выбранного на первом компоненте, необходимо щелкнуть по кнопке 1

§  **Pick Part First** – ограничение выбираемости геометрии для единственного компонента. Данное ограничение используется, когда компоненты находятся в ограниченной близости или частично закрывают друг друга

**ØRatio or Distance** – текстовое поле, в которой задаются параметры вращения или перемещения первого выбранного компонента по отношению ко второму выбранному компоненту



**§Ratio-** задается числа оборотов второго компонента приходящихся на один оборот первого компонента. Например, величина 4.0 (4:1) указывает, что второй компонент повернется четыре раза за тот же период времени, за который первый элемент сделает один полный оборот, а при значении 0.25 (1:4) второй компонент совершает один оборот на каждые четыре оборота первого компонента. По умолчанию используется значение 1.0 (1:1). Если выбрано две цилиндрические поверхности, Inventor автоматически рассчитывает и предлагает по умолчанию передаточное число, исходя из радиусов выбранных компонентов

**§Distance** – при задании зависимости вращение-перемещение величина расстояния, вводимая в текстовое поле определяет на какое расстояние переместится второй компонент за один оборот первого компонента. Например, при значении 4.0 мм второй компонент перемещается на 4.0 мм за один оборот первого компонента. Если в качестве первого компонента выбрана цилиндрическая поверхность, Inventor автоматически рассчитывает и предлагает по умолчанию длину окружности этого компонента

Хотя эти параметры используются для задания движения второго компонента относительно первого, зависимость является обоюдной. Поэтому, при перемещении или вращении второго компонента первый компонент вращается так, чтобы удовлетворить заданному значению параметра

**✓Transitional tab** – вкладка, в которой содержатся опции задания управляющей зависимости скольжения

**ØSelections** – зона, в которой содержатся опции наложения зависимости геометрии двух компонентов сборки

**§ First Selection (Moving Face)** - выбор ведомой грани (геометрии первого компонента). Для завершения выбора геометрии первого компонента следует нажать кнопку **Second Selection**

**§ Second Selection (Transitional Face)** - выбор ведущей грани (геометрии второго компонента). Для того чтобы выбрать другие геометрические объекты первого компонента, следует нажать кнопку **First Selection** и заново выбрать требуемые объекты

**§ Pick Part First** - начать с выбора детали. Ограничение возможности выбора объектов только геометрией определенного компонента. Этот режим используется, когда компоненты расположены слишком близко друг к другу или требуемая геометрия загорожена другими компонентами. Для того чтобы восстановить режим выбора произвольной геометрии, флажок следует снять

**ØShow Preview** – флажок, установка которого позволяет предварительно просмотреть эффект от применения связи. Связи между адаптивными компонентами предварительно не показываются

При соединении компонентов сборки друг с другом, всегда требуется изменение их положения. Для временного или постоянного перемещения компонентов, используется один из методов:

- беспрепятственное перемещение, предназначенное только для улучшения визуального представления его элементов. Деталь находится в положении, куда ее переместили, но возвращается в исходное положение, когда накладывается новая связь или обновляется/регенерируется сборка. Это временное перемещение по траектории для того, чтобы:
  - увидеть плоскости или компоненты выбранного компонента
  - увидеть плоскости или поверхности детали, заслоненной выбранным компонентом
  - облегчить выбор плоскости или компонента путем перемещения детали на свободное место экрана
- связанное перемещение. Связанное перемещение требует предварительного наложения связей. При перемещении связанного компонента перемещаются и все компоненты, связанные с ним.



### 9.2.4 АЛГОРИТМЫ ЗАДАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ СБОРКИ

**Наложение зависимостей на геометрию эскиза.** Сборочные зависимости можно накладывать между эскизной геометрией и геометрией других компонентов сборки. В схемы зависимостей можно включать отрезки, круги, точки и другую векторную графику. Эскизы похожи на прочие компоненты сборки. Эскизы можно делать адаптивными, также можно предварительно просматривать результаты наложения зависимостей на эскизы и редактировать эскизы непосредственно в сборке

Алгоритм наложения зависимостей на геометрию эскиза:

1.Выполнить в файле сборки одну из действий:

- по команде **Insert/Existing Component** вставить в сборку один или несколько компонентов и файл детали, в котором имеется эскизная геометрия

- по команде **Insert/Create Component** создать в сборке требуемые компоненты и файл детали с эскизной геометрией

2.Для связывания компонента зависимостью с эскизной геометрией:

2.1.на панели инструментов **Assembly** щелкнуть по кнопке **Place Constraint**

2.2.в диалоговом окне щелкнуть по кнопке требуемого типа зависимости

- 2.3. щелкнуть по кнопке **First Selection** и выбрать первую грань, кривую, плоскость или точку
- 2.4. щелкнуть по кнопке **Second Selection** и выбрать геометрический объект, на который требуется наложить зависимость от объекта, выбранного на предыдущем шаге
- 2.5. Выбрать требуемый вариант
- 2.6. Задать смещение (если применимо)
- 2.7. Предварительно просмотреть результат наложения зависимости. Следует помнить, что если компонент или эскиз являются адаптивными, предварительный просмотр невозможен

3. Для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**. Для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **ОК**.

**Наложение зависимости совмещения.** Зависимость совмещения позиционирует выбранные компоненты с совмещением граней или с выравниванием граней заподлицо. Обычно для наложения зависимости этого типа выбирают грань, но можно выбрать кривые, плоскости, ребра или точки. Для наложения зависимости типа **Flush** можно выбрать грани и плоскости.

Зависимость совмещения можно наложить двумя способами:

- воспользовавшись кнопкой **Place Constraint**, расположенной на панели инструментов **Assembly**
- автоматически наложить зависимость совмещения, перетащив компонент в требуемое место, удерживая нажатой клавишу **ALT**.

Алгоритм наложения зависимости совмещения с помощью команды **Place Constraint**:

1. Вставить компоненты, на которые требуется наложить зависимость, в файл сборки
2. Щелкнуть по кнопке **Place Constraint**
3. В открывшемся диалоговом окне открыть вкладку **Assembly**:
  - 3.1. в зоне **Type** щелкнуть по кнопке **Mate**
  - 3.2. в зоне **Selection**
    - 3.2.1. щелкнуть по кнопке **First Selection** и выбрать первую грань, кривую, плоскость или точку
    - 3.2.2. щелкнуть по кнопке **Second Selection** (если она не нажата автоматически) и выбрать геометрический объект, который требуется совместить с объектом, выбранным на предыдущем шаге
  - 3.3. в зоне **Solution** выбрать опцию:
    - 3.3.1. **Mate** для совмещения граней (или для совмещения кривых, плоскостей, ребер или точек)
    - 3.3.2. **Flash** для расположения граней рядом в одной плоскости (или для такого расположения кривых, плоскостей или точек)
  - 3.4. при необходимости в текстовом поле **Offset** ввести значение смещения.

3.5. Для предварительного просмотра результата наложения зависимости установить флажок **Show Preview**. Если какой-либо из компонентов является адаптивным, предварительный просмотр невозможен

4. Выполнить одно из следующих действий:

- 4.1. для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**
- 4.2. для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **ОК**.

Можно перетащить компонент и автоматически наложить зависимость совмещения без смещения. При перетаскивании цилиндрической детали над другой цилиндрической деталью или отверстием, наложение зависимости совмещения происходит вдоль осей. При расположении детали над гранью компонента зависимость совмещения накладывается между планарными гранями.

Алгоритм наложения зависимости совмещения с помощью перетаскивания компонента:

1. Если требуемые компоненты загорожены другими компонентами, выполнить одну из следующих инструкций:

- перед наложением зависимости временно отключить видимость загромождающих компонентов. Для этого следует выбрать компонент в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню.
- для того чтобы ограничить возможность выбора объектов только геометрией определенного компонента, в диалоговом окне установить флажок **Pick Part First** и выбрать компонент, на который требуется наложить зависимость. Для того чтобы вернуться к нормальному режиму выбора геометрических объектов, этот флажок следует снять.

2. Удерживая нажатой клавишу **ALT**, выбрать компонент и перетащить его в требуемое положение

3. Перетащить деталь на нужное место. При приближении перетаскиваемого компонента к целевому появляется предварительный вид зависимости.

4. Отпустить кнопку мыши, когда компонент будет находиться в требуемом положении. При этом происходит наложение зависимости совмещения.

**Наложение зависимости Insert.** Зависимость этого типа позволяет совмещать плоские грани и оси цилиндров. Например, она используется для позиционирования болта в отверстии.

Алгоритм наложения зависимости:

1. Если требуемые компоненты загорожены другими компонентами, выполнить одну из следующих инструкций:

- перед наложением зависимости временно отключить видимость загрожающих компонентов. Для этого следует выбрать компонент в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню.

- Для того чтобы ограничить возможность выбора объектов только геометрией определенного компонента, в диалоговом окне установить флажок **Pick Part First** и выбрать компонент, на который требуется наложить зависимость. Для того чтобы вернуться к нормальному режиму выбора геометрических объектов, этот флажок следует снять.

2. Нажать кнопку **Place Constraint**

3. В диалоговом окне нажать кнопку **Insert** расположенную в группе опций **Type**

4. Нажать **First Select** и выбрать первую грань или плоскость.

5. Нажать кнопку **Second Select** (если она не нажата автоматически) и выбрать геометрический объект, на который требуется наложить зависимость от объекта, выбранного на предыдущем шаге. Если это необходимо, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню пункт **Other** для циклического перебора геометрических объектов. Для выбора геометрии щелкнуть на среднем значке панели выбора.

6. Задать требуемое смещение (если применимо).

7. Если необходимо, установить флажок предварительного просмотра результата наложения зависимости **Show Constraint**. Если какой-либо из компонентов является адаптивным, предварительный просмотр невозможен.

8. Выполнить одно из следующих действий:

- для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **OK**
- для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**.

**Наложение зависимости касательности.** Зависимость касательности позиционирует плоскости, цилиндры, сферы, конусы и сплайновые поверхности по касательной друг к другу

Алгоритм наложения зависимости:

1. Вставить в файл сборки компоненты, на которые требуется наложить зависимость

1. Если требуемые компоненты загорожены другими компонентами, выполнить одну из следующих инструкций:

- перед наложением зависимости временно отключить видимость загрожающих компонентов. Для этого следует выбрать компонент, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню.

- для того чтобы ограничить возможность выбора объектов только геометрией определенного компонента, в диалоговом окне установить флажок **Pick First Part** и выбрать компонент, на который требуется наложить зависимость. Для того чтобы восстановить режим выбора произвольной геометрии, флажок следует снять.

2. Нажать кнопку **Place Constraint**

3. В диалоговом окне нажать кнопку **Tangent** расположенную в группе опций **Type**

4. Нажать **First Select** и выбрать первую грань, кривую, плоскость или точку

5. Нажать кнопку **Second Select** (если она не нажата автоматически) и выбрать геометрический объект, который требуется расположить по касательной к объекту, выбранному на предыдущем шаге.

6. Для задания стороны касания выбрать **Aligned** или **Opposed** (если применимо)

7. Задать требуемое смещение (если применимо).

8. Если необходимо, установить флажок предварительного просмотра результата наложения зависимости **Show Constraint**. Если какой-либо из компонентов является адаптивным, предварительный просмотр невозможен.

9. Выполнить одно из следующих действий:

- для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **OK**
- для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**.

**Наложение сборочной зависимости типа Angle.** Зависимость этого типа позволяет позиционировать ребра или плоские грани компонентов под заданным углом.

Алгоритм наложения зависимости:

1. Вставить в файл сборки компоненты, на которые требуется наложить зависимость

2. Если требуемые компоненты загорожены другими компонентами, выполнить одну из следующих инструкций:

- 1.1. перед наложением зависимости временно отключить видимость загрожающих компонентов. Для этого следует выбрать компонент, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню.



1.2.установить флажок **Pick Part First** и выбрать компонент, на который требуется наложить зависимость. Для того чтобы восстановить режим выбора произвольной геометрии, флажок следует снять.

2.Нажать кнопку **Place Constraint**

3.На вкладке **Assembly** в окне **Type** нажать кнопку **Angle**

4.В окне **Selection** кнопка **First Selection** уже нажата. Выбрать первую грань или ребро

5.Нажать **Second Selection** (если кнопка еще не нажата автоматически) и выбрать второе ребро или вторую грань

6.При необходимости в текстовой строке **Angle** можно ввести значение угла

7.Если необходимо, установить флажок предварительного просмотра результата наложения зависимости **Show Constraint**. Если какой-либо из компонентов является адаптивным, предварительный просмотр невозможен.

10.Выполнить одно из следующих действий:

- для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **OK**
- для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**.

**Задание динамических зависимостей между двумя компонентами.** Задание таких зависимостей обеспечивает относительное движение двух компонентов. Первый из выбранных компонентов (ведомый) перемещается, согласуясь с движениями второго (ведущего).

Алгоритм наложения зависимости:

11.Вставить в файл сборки компоненты, на которые требуется наложить зависимость

12.Если требуемые компоненты загорожены другими компонентами, выполнить одну из следующих инструкций:

1.1.перед наложением зависимости временно отключить видимость загромождающих компонентов. Для этого следует выбрать компонент, щелкнуть правой кнопкой мыши и снять флажок **Visibility** в контекстном меню.

1.2.установить флажок **Pick Part First** и выбрать компонент, на который требуется наложить зависимость. Для того чтобы восстановить режим выбора произвольной геометрии, флажок следует снять.

2.Нажать кнопку **Place Constraint**

3.В диалоговом окне перейти на вкладку **Motion**.

4.Щелкнуть по кнопке **Rotation** или **Rotation-Translation**

5.Выбрать первый компонент в браузере или в графической области

6.Щелкнуть по кнопке **Second Selection** и выбрать второй компонент в браузере или в графической области.

7.Для изменения направления движения выбрать опции изменения направления вращения **Forward** или **Reverse** в зоне **Solution**

8.Задать относительное движение компонентов одним из следующих способов:

- для вращательной зависимости либо принять стандартное передаточное число (1:1), либо задать другое передаточное число, которое определяет относительное вращение двух компонентов.
- для вращательно-поступательной зависимости задать расстояние, на которое перемещается второй компонент за один оборот первого компонента.

9.Для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**. Для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **OK**.

Наложение управляющей зависимости **Transitional** между компонентами сборки.

1.Нажать кнопку **Place Constraint**

2.В диалоговом окне перейти на вкладку **Transitional**

3.Если это необходимо, установить флажок **Pick Part First**

4.Щелкнуть по кнопке **First Select** и выбрать перемещаемую деталь.

5.Нажать кнопку **First Select** (если она не нажата автоматически) и выбрать грань, вдоль которой будут скользить смежные грани детали, выбранной на предыдущем шаге.

6.При необходимости установить флажок предварительного просмотра **Show Preview** результатов наложения зависимости. Если какой-либо из компонентов является адаптивным, предварительный просмотр невозможен.

7.Для того чтобы наложить зависимость, не закрывая диалогового окна, нажать **Apply**. Для того чтобы наложить зависимость и закрыть диалоговое окно, нажать **OK**.

**Редактирование сборочных связей.** В Inventor имеется возможность редактирования типа связи, смещение, угол, выбор компонентов и направление. Эта процедура подразумевает, что в браузере активен фильтр **Assembly Tasks**. Если был активирован фильтр **Modeling Tasks**, все связи для каждой сборки собраны под исходной папкой сборки (хотя каждая деталь показывает свои свойства, когда она раскрыта).

Алгоритм редактирования связей:

1. Для определения компонентов, на которые наложена зависимость, выбрать зависимость в браузере. При этом компоненты, на которые наложена зависимость, подсвечиваются
2. В браузере раскрыть папку компонента, зависимость которого будут редактироваться
3. Поместить курсор над связью, затем щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать команду контекстного меню **Edit**
4. В открытом диалоговом окне **Edit Constraint** задать новые значения параметров
5. Нажать ОК

Для редактирования только смещения или угла следует подсветить связь в браузере, затем щелкнуть для открытия окна редактирования в верхней части браузера. В нижней части браузера появляется специальное поле для редактирования. Ввести новое значение для связи и нажать клавишу ввода **Enter**.

**Удаление сборочной зависимости.** Если стратегия наложения зависимостей или предъявляемые к сборке требования изменились, может потребоваться удалить ту или иную сборочную зависимость. Такое изменение можно производить в браузере:

1. Щелкнуть по значку (+) для раскрытия компонента.
2. Поместить курсор над связью, которую требуется удалить. Детали, участвующие в этой связи, будут подсвечены.
3. В контекстном меню выбрать **Delete**. Эта связь будет показана в красной рамке и элементы связи будут подсвечены.

Дополнительный способ удаления зависимости – выбрать зависимость в браузере и нажать клавишу **Delete**.

В сложных сборках компоненты или конструктивные элементы, участвующие в удаляемой зависимости, могут быть загорожены другими компонентами сборки. В зависимости от предпочтений пользователя можно либо щелкнуть мышью на компоненте в графической области, для того чтобы выбрать его в браузере, либо выбрать компонент в браузере, щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Find in Window**.

Если был включен фильтр показа в браузере в виде **Model**, связи будут показаны под словом **Constraints** в верхней части браузера. Если трудно определить, какие связи применяются, и к каким компонентам, то можно отфильтровать содержимое браузера, применительно к заданию **Assembly**, прежде чем будут удалять связи.

Изменения, выполненные с изделием в ходе проектирования, могут повлиять на существующие зависимости. При этом возможно возникновение конфликтов одних зависимостей с другими, а также невозможность дальнейшего соблюдения конкретной зависимости. В таких ситуациях инженеры должны иметь возможность поиска зависимостей в сборках и сбора дополнительной информации о них.

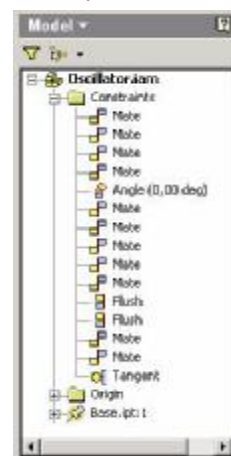
Inventor позволяет находить все зависимости в сборках, а также ответную часть для отдельной выбранной зависимости.

Алгоритм поиска всех зависимостей в сборке

1. Установить в браузере полный вид:
  - 1.1. щелкнуть по кнопке **Filter**
  - 1.2. в открывшемся контекстном меню установить флажок активации опции **Modeling Tasks**

Информация о всех зависимостях собирается в одной папке, которая расположится вверху иерархической структуры.

1. Раскрыть эту папку, чтобы просмотреть все имеющиеся в сборке зависимости.
2. Выбрать зависимость (любую, в том числе и с ошибкой) в браузере. Участвующие в зависимости компоненты подсвечиваются и отображаются крупным планом в графической области.



### 9.3 ИНСТРУМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ

В Inventor имеется несколько инструментов для исследования кинематики:

- можно наносить зависимости для просмотра сборки в движении
- для определения точек соприкосновения деталей друг с другом можно использовать модуль анализа контактов. Для моделирования движения нужно перемещать компоненты или зависимости
- при перемещении зависимостей можно использовать модуль поиска пересечений. Движение останавливается, если появляется пересечение. Используя координаты точки пересечения можно изменить положение деталей сборки.

Только некоторые механизмы имеют постоянную зависимость между двумя движущимися одновременно компонентами, например конвейерная лента. Одна деталь движется и входит в контакт с другой, при этом вторая зависимая деталь так же приходит в движение.

В сборке можно перетаскивать детали, при этом при нажатой клавише ALT происходит автоматическое наложение зависимостей на эти компоненты в выбранной позиции. Можно имитировать движение реального механизма не накладывая зависимости, которые отсутствовали бы в реальной модели.

Использование модулей анализа контактов и поиска пересечений можно определить правильность расположения компонентов сборки:

- модуль анализа контактов изолирует выбранные компоненты от остальных деталей сборки. Это позволяет определить поведение данных деталей при движении. Необходимо выбрать компоненты, а затем смоделировать движение путем перемещения компонентов или зависимостей. Компоненты для анализа можно добавить в любое время, даже когда модуль анализа контактов отключен. В браузере выбранные для анализа компоненты помечаются специальным значком. Для проведения анализа необходимо активизировать модуль анализа контактов по команде **Tools/Analyze Interference**. Параметры, принятые по умолчанию, активизируются.

Примеры:

- движение продукта в штамповочной машине. Можно задать движение зажимного устройства.
- моделирование синхронизатора трансмиссии, работа которого зависит от калибровочных зубцов, поднимающих вал для разгона перед переключением передач.
- анализ копира с периодическим контактом. Аппарат периодического действия имеет датчик, сигнализирующий об окончании процесса. В обычном состоянии датчик находится в состоянии покоя, его удерживает пружина. На конце датчика расположено колесико для исключения износа при работе копира.
- модуль поиска пересечений используют при перемещении зависимостей. Исключением является тот случай, когда происходит контакт между двумя деталями и одна из них не может быть перемещена (например, она базовая) при перемещении зависимостей, при этом выбран модуль поиска пересечений. В этом случае выдается сообщение о пересечении. В противном случае механизм останавливается.

### 9.3.1 ИМИТАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И СВЯЗЕЙ (DRIVE CONSTRAINT)

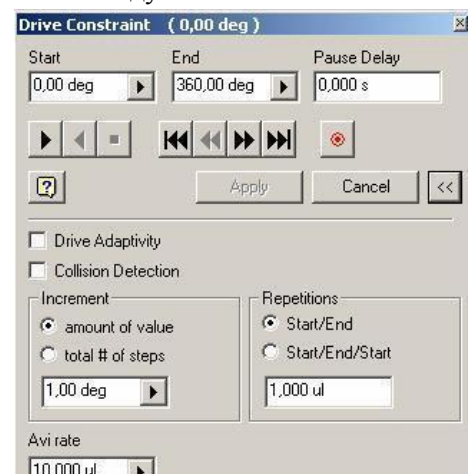
После наложения зависимостей на компонент сборки можно имитировать механическое движение компонента, изменяя значение параметра зависимости, перемещая связи с определенным шагом (задавая дискретное изменение значения связи). Динамические зависимости задают относительное движение двух компонентов (взаимное вращение или вращение одного компонента и поступательное движение другого). Такие зависимости используются для задания движения устройств зубчатой и ременной передач, шестерен, зубчатых реек и роликов, а также для задания движения сторонних компонентов (например, первичного и вторичного вала коробки переменных передач). С помощью геометрических и сборочных зависимостей можно задавать диапазоны движения компонентов. Например, имитировать вращение компонента можно путем изменения угла в диапазоне от 0 до 360 градусов.

Для моделирования движения одного компонента путем пошагового изменения параметра используется инструмент Inventor, называемый «вариация зависимости» или «движение по связям». Вариация зависимости не задает относительного движения двух компонентов, с помощью вариации остается возможность моделировать движение нескольких компонентов, связав параметры зависимостей формулами. Обычно движение по связям используется для создания видео-роликов.

С помощью инструмента движения по связям **Drive Constraint** можно имитировать механическое движение путем пошагового или непрерывного изменения параметра зависимости, при этом компонент перемещается в заданных пределах с заданным приращением. Этот инструмент позволяет управлять только одним параметром, однако, связав формулами параметры зависимостей с помощью функции **Parameters**, можно управлять параметрами нескольких зависимостей одновременно. Инструмент **Drive Constraint** применяется к одной связи, но с его помощью можно управлять дополнительными связями путем использования инструмента **Equations** для создания дополнительных зависимостей между связями.

Вызов инструмента имитации движения осуществляется с помощью команды контекстного меню компонента **Drive Constraint**. Одноименное диалоговое окно содержит команды и опции настройки диапазона и шага изменения параметра (общего перемещения или общего поворота вокруг оси), что позволяет имитировать движение или тестировать диапазон перемещения связанного зависимостью компонента. Также в диалоговом окне содержатся опции уточняющие характер движения вдоль вектора или вокруг оси

**vStart** – текстовое поле, в котором задается начальное значение смещения или угла. Значение можно либо ввести непосредственно, либо задать с помощью измерения, либо выбрать из списка ранее уже





использованных значений. По умолчанию предлагается значение смещения или угла, заданное при наложении зависимости


**✓End** – текстовое поле, в котором задается конечное значение смещения или угла. Значение можно либо ввести непосредственно, либо задать с помощью функции измерения, либо выбрать из списка ранее уже использованных значений. По умолчанию используется начальное значение, увеличенное на десять


**✓Pause Delay** – текстовое поле, в котором задается интервал между шагами в секундах. По умолчанию используется значение 0.0


**✓Control buttons** – кнопки управления используемые для воспроизведения имитации движения. В процессе имитации диалоговое окно остается открытым. Это позволяет в любой момент изменять значения, а также останавливать имитацию и включать паузу


 **Forward** - воспроизведение имитации движения вперед. Кнопка недоступна, если не заданы начальное и конечное значения параметра. Эта кнопка также используется для возобновления воспроизведения после останова

 **Reverse** - воспроизведение имитации движения назад. Кнопка недоступна, если не заданы начальное и конечное значения параметра. Эта кнопка также используется для возобновления обратного воспроизведения после останова


 **Stop** - останов воспроизведения имитации движения. Кнопка позволяет изменить заданные значения, а также перейти на один шаг вперед или назад либо перейти к начальному или конечному значению параметра

 **Go to Start** - возврат к начальному значению параметра. Если воспроизведение не начато, кнопка недоступна


 **Single Step Reverse** -- переход на один шаг назад. Если воспроизведение не остановлено, кнопка недоступна


 **Single Step Forward** - переход на один шаг вперед. Если воспроизведение не остановлено, кнопка недоступна.


 **Go to End** — переход к конечному значению параметра


 **Start Recording** - запись видео-ролика с заданной частотой кадров


**✓More** –


 **Drive Adaptivity** – флажок активизации опции адаптации компонентов для удовлетворения условиям, наложенным зависимостью

 **Collision Detection** – флажок активизации опции проверки на пространственное пересечение с другими компонентами при вариации зависимости. Обнаруженные пересечения отображаются вместе с соответствующим значением параметра зависимости


 **Increment** – зона, в которой задаются параметры шагов анимации


 **Amount of Value** – переключатель, установка которого обеспечивает задание в текстовом поле значения величины шага. По умолчанию используется значение 1.0


 **Total # of Steps** – переключатель, установка которого обеспечивает задание в текстовом поле количества шагов


 **Edit box** текстовое поле, в котором задается значение приращения или число шагов в последовательности. Значение можно либо ввести непосредственно, либо задать с помощью функции измерения, либо выбрать из списка ранее уже использованных значений

 **Repetitions** – зона, в которой задаются параметры повторно запуска анимации движения

 **Start/End** – переключатель, установка которого обеспечивает пошаговое изменение параметра от начального к конечному значению и скачкообразный возврат в начало

 **Start/End/Start** – переключатель, установка которого обеспечивает пошаговое изменение параметра от начального значения к конечному значению и пошаговый возврат в начальное значение. Число циклов в рамках одного повторения зависит от значения в текстовом поле

 **Edit box** – текстовое поле, в котором задается число повторений для режима **Start/End** и циклов для режима **Start/End/Start**

 **Avi rate** – текстовое поле, в котором задается частота, с которой ведется «съемка» модели при записи

Для того чтобы начать, предварительно требуется связать вместе два компонента:

1. В браузере в контекстном меню выбранной/созданной связи выбрать **Drive Constraint**.

2. В открывшемся диалоговом окне **Drive Constraint** в зоне **Start** ввести начальное значение. Значением по умолчанию является угол или отступ, заданный связью

3. В зоне **End** ввести значение конечной точки. Значение по умолчанию – это значение начала плюс 10

4. В поле **Pause Delay** установить время между шагами. Для ускорения или замедления движения предлагаемое по умолчанию значение следует подстроить



5. Щелкнуть по кнопке **More** для установки опций:

- для адаптации компонентов к значениям связей, если необходимо установить флажок опции учета адаптивности связей **Drive Adaptivity**
- для проверки на пересечение установить галочку напротив опции обнаружения пространственных пересечений **Collision Detection**
- установить опцию возрастания шага параметра **Increment** или общего количества шагов. Значения могут быть введены, введены путем измерений или введены как размер, либо выбраны из перечня последних использованных значений.

- задать последовательность или цикличность изменения параметра **Repetition**:

- **Start/End runs once and returns to the beginning** - однократное пошаговое изменение параметра от начального значения к конечному значению и скачкообразный возврат в начало;
- **Start/End/Start runs once forward, then once backward** - однократное пошаговое изменение параметра от начального значения к конечному значению и пошаговый возврат в начальное значение в зависимости от заданного количества циклов. Каждое движение принимается за один цикл. Например, выдвижение детали вперед – это один цикл. Движение вперед, назад и снова вперед – это три цикла. Если это необходимо, задать требуемое количество повторений

6. Щелкнуть по кнопке **Forward** для того, чтобы выполнить всю последовательность шагов или щелкнуть по кнопке **Step Forward** для выполнения одного шага вперед за один раз.

Для проигрывания последовательности движения по связям щелкнуть по кнопке **More** для установки режима **Avi**, затем щелкнуть по кнопке начала проигрывания **Start Recording**. Для изменения размера файла анимации, можно уменьшить размер графического окна и использовать цвет заднего плана, назначенный для объемных тел.

### 9.3.2 ПРОВЕРКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ (INTERFERENCE)

По изображению сборки трудно судить, пересекаются ли ее детали, но в сборке два или более компонентов не должны занимать одно и то же место в пространстве в одно и то же время. Поэтому для нахождения таких ошибок компьютер должен анализировать сборки на пересечение, т.е. обнаружить любое трехмерное наложение, которое существует между деталями.

В Inventor есть средство проверки пересечений в пространстве как между двумя наборами компонентов, так и внутри набора. Функция обнаружения столкновений используется для выявления некорректно расположенных компонентов при вариации зависимостей. Положение компонентов задается с помощью зависимостей, а затем они подвергаются вариации для имитации механического перемещения. При столкновениях выдается сообщение, а компоненты подсвечиваются в браузере.

Для ускорения процесса можно воспользоваться режимом проверки только выбранных пользователем компонентов. Например, после того как изделие было отредактировано, имеет смысл проверять пространственные пересечения детали только с теми компонентами, в которые были внесены изменения. Для проверки пространственного пересечения между компонентами набора необходимо выбрать все компоненты этого набора. Производится анализ всех деталей на наличие пространственных пересечений со всеми другими деталями. Если компоненты лежат в одном месте пространства, и компьютер эти пересечения обнаружил, они изображаются красным цветом в виде тела. При анализе проверяется пересечение между двумя установленными компонентами. Если в этом месте находится более чем один компонент, то другие компоненты в этом месте не анализируются.

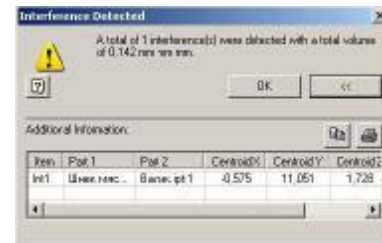
Команда **Tools/Analyze Interference** используется для проверки наличия соударений между деталями в сборке или в комбинированной детали, позволяет проверить на наличие перекрывающихся объемов для наборов компонентов. Если пересечение обнаружено, то кроме того, что программа изображает его в виде тела, она также выдает информацию об объеме этого тела и положении его центра масс.

После ввода команды открывается диалоговое окно **Interference Analyze**, в котором содержатся кнопки выбора одного или двух компонентов определения наличия их пересечения:

- **Define Set #1** – кнопка выбора одного или больше компонентов, для из анализа как группы
- **Define Set #2** - кнопка выбора одного или больше компонентов, для из анализа как группы



После выбора компонентов для проведения анализа на пересечение следует щелкнуть по кнопке ОК, немного подождать (в это время на экране появляется бегущая строка, в которой приводятся данные о времени расчета пересечений в %) и в открывшемся диалоговом окне **Interference Detected** появятся результаты проверки. Если Inventor обнаружит пересечения, то диалоговое окно будет иметь такой вид, как показано на рисунке.



▼ **Warning** – текстовая строка, в которой содержится сообщение об обнаружении пересечений, приводятся данные об их количестве и указывается общий объем пересекаемых деталей в мм<sup>3</sup>.

▼ **More** – кнопка открывающая зону, в которой содержатся таблица, в колонках которой приводятся дополнительные данные об обнаруженных пересечениях:

Ø **Item** – порядковый номер обнаруженных пересечений. Порядок обеспечивается в соответствии с порядком деталей в дереве браузера

Ø **Part 1** – имя детали, выбранной при щелчке по кнопке **Set #1**. Если деталь является компонентом под сборки, то приводятся оба имени – имя детали и имя под сборки

Ø **Part 2** – имя детали, выбранной при щелчке по кнопке **Set #2**. Если деталь является компонентом под сборки, то приводятся оба имени – имя детали и имя под сборки

Ø **Centroid (X,Y,Z)** – перечень координат по осям (X,Y,Z) центров пересечения поверхностей

Ø **Volume** – объем тела пересечения

Алгоритм обнаружения столкновений между компонентами сборки

1. Открыть изделие. Убедиться, что на компоненты наложены правильные зависимости.

2. Чтобы собрать все зависимости в верхней части дерева модели на панели браузера щелкнуть по кнопке **Filters** и выбрать опцию **Modeling Tasks**. Если пользователю удобнее работать, когда зависимости распределены по компонентам, то следует щелкнуть по кнопке **Filters** и выбрать опцию **Assembly Tasks**

3. Правой кнопкой мыши щелкнуть на проверяемой зависимости, а затем выбрать **Drive Constraint**.

4. В открывшемся диалоговом окне **Drive Constraint** установить флажок **Collision Detection**.

5. Ввести значения в поля **Start**, **End** и **Pause Delay**. Если нужно, задать приращение и число повторений, частоту съемки. Нажать кнопку **Forward** для запуска вариации зависимостей.

6. При обнаружении столкновения выводится сообщение, и имитация движения прекращается.

Результаты расчета деталей или сборок на пересечения могут быть скопированы в буфер обмена в виде текстового файла, сохранены в файле в виде отчета, либо выведены на печать. Используя этот отчет, пользователь может редактировать эти компоненты для устранения пересечений.

Если в результате проверки пересечений не было обнаружено, то на экране монитора появится соответствующее сообщение.



Время, которое требуется для анализа пересечения, зависит от количества и сложности выбранных компонентов. Во время анализа, если оно длительное, появляется окно, показывающее протекание процесса анализа, и пользователь может, при желании, прервать анализ. Поэтому рекомендуется выполнять полный анализ на конец дня или выбирать меньшее количество компонентов для анализа, выбирая близко расположенные. При добавлении другого компонента, сначала лучше анализировать те, которые могут с ним пересекаться, выбирая компоненты в порядке их близости. Для корректировки небольших пересечений в ходе процесса проектирования, можно переместить детали и повторять проверку регулярно

Для уменьшения вероятности пересечений при конструировании новой детали, вставляемой затем в сборку, рекомендуется:

- создавать эскиз на поверхности смежных деталей
- проектировать элементы с ребер других деталей для использования их в эскизах
- если точная форма компонента зависит от его положения в сборке, то лучше оставлять его элементы без размеров и создавать деталь, приспособлявая ее к смежным деталям
- определять элементы сопрягаемых деталей как адаптивные, и делать детали адаптивными в сборке.

### 9.3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС-ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Масс-инерционные характеристики компонентов полезны для расчета веса и объема изделия, местоположения центра масс (что особенно важно, например, при балансировке) и экспорта данных в другие приложения в целях дальнейшего анализа. Анализ масс-инерционных характеристик помогает оценить, насколько разработанная модель соответствует реальному изделию. Для проверки модели можно рассчитывать масс-инерционные характеристики, как отдельных деталей, так и целых узлов.

Пользователь может назначать различным компонентам изделия различные материалы, задавать допуски и на этой основе рассчитывать следующие характеристики:

- центр масс
- массу, объем и площадь поверхности
- моменты инерции
- главные моменты инерции
- направления главных осей

Большинство проектировщиков вставляют в изделие только одно вхождение мелкой детали (такой как заклепка или винт), зная, что в конечной модели потребуются тысячи вхождений этой детали. В спецификации можно заменить имеющееся в изделии количество вхождений требуемым числом, однако за преимущества быстрой загрузки и обновления изделия проектировщики расплачиваются точностью. Необходимо помнить, что для того чтобы правильно рассчитать масс-инерционные характеристики, в изделие необходимо вставить все вхождения компонента (если не введены соответствующие переопределяющие значения).

Пользователь может переопределить массу и объем. Введением собственных значений можно уточнить массу и объем компонентов, которые нельзя смоделировать, таких как масло или смазка. Переопределенные значения также позволяют проводить более точное моделирование при работе с упрощенными изображениями, например, когда в изделиях, где несколько крепежных узлов изображены в виде перекрестий.

Алгоритм расчета масс инерционных характеристик детали или узла:

1. Выбрать компонент для анализа в браузере или в графической области.
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать из контекстного меню команду **Properties**
3. В открывшемся диалоговом окне перейти на вкладку **Physical** и нажать кнопку **Apply**.

Действие команды начинается с выбора объекта, причем алгоритм выбора автоматически отбрасывает неправильные указания. Подсвечиваются только детали, масс-инерционные свойства которых могут быть рассчитаны. Кроме того, при выполнении команды обеспечивается:

- динамическая подсветка выбранных в диалоговом окне компонентов
- управление выбором единиц
- настройка оптимальной точности расчета
- подробный отчет с указанием деталей, выбранных значений, материалов, площадей, поверхностей, плотности материалов, UCS (ПСК), времени и даты
- новый редактор для добавления типов материалов и редактирования существующих

Точный, быстро формируемый отчет позволяет идентифицировать выбранные детали с помощью подсветки, что предохраняет от ошибки при назначении материала. Результаты расчета содержат исчерпывающие исходные данные с дополнительными параметрами деталей (объем, материалы, и т.д.), необходимыми для смежных подразделений машиностроительного предприятия.

Для корректировки реальных масс-инерционных характеристик можно переопределять массу и объем компонентов. Введение этих значений позволяет задать объем и массу компонентов не представленных в модели. Для переопределения рассчитанных характеристик

1. Выбрать компонент для анализа в браузере или в графической области.
2. Щелкнуть правой кнопкой мыши на компоненте и выбрать **Edit** из контекстного меню.
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши на компоненте и выбрать из контекстного меню **Properties**.
4. В диалоговом окне перейти на вкладку **Physical** и ввести переопределяемое значение
5. Нажать кнопку **Apply**

Для проверки точности переопределенных значений можно распечатать вычисленные значения и использовать их для ввода переопределенных значений. Распечатывание удобно использовать при переопределении значений для упрощенных изображений детали или изделия.

В ходе работы можно удалить переопределенные значения масс-инерционных характеристик и вернуть их исходные рассчитанные значения. Для этого необходимо выбрать и удалить значение основной характеристики для восстановления исходного значения, а затем нажать кнопку **Apply**.