**Создание 3D операций «Выталкивание», «Вращение», «Сглаживание», «Булева» и «Отверстие» в T-Flex CAD 3D**

**Команда "3X" - Создать выталкивание**

Вызов команды:

Пиктограмма

Клавиатура  ***<3><Х>***

Текстовое меню  **"Операции|Выталкивание"**

Операция выталкивания позволяет создавать тела перемещением формообразующего элемента (контура выталкивания). В системах твердотельного моделирования операция выталкивания используется, как правило, чаще других.

В операции можно создать два вида выталкивания: выталкивание по произвольному вектору и выталкивание по нормали к поверхности исходного контура. Вид выталкивания определяет направление и способ создания выталкивания.

В качестве контура выталкивания можно использовать объекты с проволочной и листовой геометрией. Результатом выталкивания являются листовые или твёрдые тела в зависимости от типа геометрии контура.

Длину выталкивания (т.е. начало и конец выталкивания) можно задавать различными способами, в том числе ограничивая её другими элементами модели.

**Задание направления выталкивания**

После выбора листового или плоского проволочного контура система автоматически предлагает создавать выталкивание по нормали. Это легко понять по появившемуся в 3D сцене предварительному рёберному изображению создаваемого тела. Направление выталкивания в этом случае задавать не требуется. Отказаться от данного вида выталкивания можно, просто задав другое направление выталкивания, определив вектор направления.

Если предварительное изображение не появилось в 3D сцене, следовательно, выталкивание по нормали для данного контура невозможно.

Задать вектор направления выталкивания по элементу 3D модели позволяет опция:

 ***<D>***  Выбрать направление

Данная опция позволяет выбрать 3D элемент, способный определить вектор направления выталкивания. Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора соответствующих объектов. При выборе элементов следует обращать внимание на активные фильтры.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 24 – Параметры выталкивания |

Определить вектор направления выталкивания по двум 3D точкам позволяют следующие опции автоменю (активизируются последовательно):

  ***<F>***  Выбрать начальную точку выталкивания

  ***<S>***  Выбрать конечную точку выталкивания

3D точку можно задать выбором 3D узла, вершины на теле, профиле, пути. Также можно указать ребро – в качестве 3D точки будет взята его середина (для прямого ребра) или центр (для ребра в виде полной окружности, дуги окружности или эллипса). Выбор сферической или торической грани даст в качестве точки центр сферы/тора. Система координат даст в качестве 3D точки своё начало. Набор допустимых для выбора элементов определяется состоянием фильтров выбора в выпадающих списках указанных опций. Помимо опций автоменю, для задания направления может использоваться и диалог окна свойств. Кнопка диалога позволяет быстро изменить направление выбранного вектора или нормалей к поверхности на противоположное.

Последняя опция группы опций автоменю для задания направления отменяет сделанный выбор вектора:

 ***<K>***  Отменить задание направления выталкивания

Результат применения дополнительных возможностей выталкивания не отображается в 3D сцене на предварительном рёберном изображении создаваемого тела. Для его просмотра необходимо воспользоваться опцией .

Булева операция, создаваемая одновременно с выталкиванием, при предварительном просмотре не отображается, так как представляет собой отдельную операцию. Результат применения булевой станет виден только после создания выталкивания.

***Создание уклонов***

Значение уклона указывается в окне свойств (Рисунок 24). В случае задания длины выталкивания произвольным числовым значением или по длине вектора направления отдельно указываются значения уклонов для выталкиваний в прямом и обратном направлении. Для задания уклона в любом направлении выталкивания необходимо в соответствующей группе параметров (**"В прямом направлении"**, **"В обратном направлении"**) установить флажок **"Уклон"**. После этого станет доступно для редактирования поле для ввода числового значения уклона.

Когда длина выталкивания задаётся граничными условиями, значение уклона по всей длине выталкивания одинаковое. Численное его значение задаётся в параметрах первой границы выталкивания (в группе **"В прямом направлении"**).

***Создание сглаженных рёбер***

Параметры различных видов сглаживания можно задать в окне свойств (Рисунок 25) в разделе **"Параметры сглаживания"**:

Группы параметров **"Сглаживание в начале"** и **"Сглаживание в конце"** определяют параметры сглаживаний на торцевых гранях выталкивания. Для создания сглаживания необходимо установить соответствующий флажок,

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 25 – Параметры сглаживания |

выбрать из списка тип сглаживания – **"Скругление"** или **"Фаска"** и задать размер сглаживания. Начальной считается торцевая грань, встречающаяся первой при движении в прямом направлении выталкивания.

Флажок **"Сглаживание боковых рёбер"** устанавливает режим скругления боковых рёбер выталкивания. Радиус скругления задаётся параметром **"Радиус"**.

***Создание тонкостенных тел, "донышка" и "крышки"***

Параметры режима создания тонкостенного элемента можно задать в окне свойств (Рисунок 26) в разделе **"Тонкостенный элемент"**. Для включения режима создания тонкостенного тела необходимо установить флажок **"Тонкостенный элемент"**. При включенном флажке становятся доступны параметры данного режима:

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 26 – Создание тонкостенного элемента |

**Толщина**. Определяет способ придания толщины стенкам создаваемого тонкостенного тела. Из списка можно выбрать следующие варианты:

* **Нет**. Без придания толщины боковым стенкам (результатом выталкивания будет листовое тело).
* **Наружу, Внутрь, Симметрично, Разная**. Задают различные способы придания толщины. Толщина стенки задаётся параметрами **"Значение 1"** и **"Значение 2"**.

Для создания "донышка" и "крышки" необходимо установить в параметрах одноимённые флажки и задать требуемую толщину этих элементов.

***Использование создаваемого тела в булевой операции***

Для создания булевой операции необходимо:

1. Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

 ***<Ctrl+B>***Выбрать исходное тело для булевой операции

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

2. Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

 ***<Ctrl+'+'>***Сложение

 ***<Ctrl+'-'>***Вычитание

 ***<Ctrl+'\*'>***Пересечение

3. Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

 ***<Ctrl+T>***Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции выталкивания новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создается тело в операции выталкивания, а затем выполняется булева операция заданного типа.

**Команда "3RO" – Создать вращение**

Вызов команды:

Пиктограмма

Клавиатура  ***<3><R><O>***

Текстовое меню  **"Операции|Вращение"**

Команда предназначена для создания тела путем вращения образующего контура вокруг пространственной оси. Если исходным контуром является объект с проволочной геометрией (ребро, 3D путь), то результатом операции будет листовое тело. Если исходный контур имеет площадь (грань, замкнутый 3D профиль), то  результатом операции будет твёрдое тело. Дополнительные параметры операции позволяют задавать сглаживание рёбер результирующего тела, создавать тонкостенную операцию.

Исходный контур может располагаться произвольным образом относительно  оси, но ось не должна пересекать поверхность контура. Плоский контур не может быть перпендикулярен оси вращения.

Исходный контур операции может быть **составным**, т.е. состоять из набора 3D профилей, граней, циклов, рёбер, 3D путей и других объектов, но все выбранные объекты должны быть однотипными - либо проволочными, либо листовыми.

Для создания операции необходимо указать **ось вращения**, относительно которой будет перемещаться исходный контур (Рисунок 27). Ось вращения задаётся объектами (3D точками, рёбрами и т.п.), на основе которых система может определить геометрию прямой. Направление оси определяется по направлению существующему у выбранного объекта. Исходное направление вращения контура формируется как вращение против часовой стрелки при направлении взгляда совпадающем с направлением оси.

Рисунок 27 – Создание операции «Вращение»

Общая последовательность действий для создания операции такова:

* выбрать контур вращения;
* задать ось вращения;
* задать начальную и конечную точки вращения (необязательное действие); задать параметры вращения (необязательное действие);
* подтвердить создание операции.

Вызов команды также доступен в контекстном меню (пункт "Создать") для выбранного контура. В этом случае при входе в команду исходный профиль считается уже выбранным.

После вызова команды в автоменю доступны опции:

 ***<Y>***Закончить ввод вращения.

 ***<P>***Задать параметры вращения**.**

 ***<I>***Выбрать другой ближайший элемент.

 ***<X>***Выйти из команды.

 ***<F5>***Предварительный просмотр результата операции

 ***<R>***Выбрать контур

 ***<H>***Отменить выбор контура

 ***<A>***Выбрать ось вращения

 ***<F>***Выбрать первую точку оси

 ***<S>***Выбрать вторую точку оси

 ***<1>***Выбрать начальную точку вращения

 ***<2>***Выбрать конечную точку вращения

 ***<K>***Отменить выбор точек, задающих угол вращения

 ***<Ctrl><T>***Выбрать исходное тело для булевой операции

 ***<Ctrl><+>*** Булева операция

**Команда "3DE" - Сглаживание ребер**

Вызов команды:

Пиктограмма

Клавиатура  ***<3><D><E>***

Текстовое меню    **"Операции|Сглаживание|Рёбер"**

Операция сглаживания рёбер предназначена для получения  сопряжения двух или более соприкасающихся поверхностей, принадлежащих одному телу. Сглаживание можно производить как над твёрдыми телами, так и над листовыми.

Существует несколько способов сопряжения:

- **фаска** (смещение; длина-угол);

- **скругление**;

- **скругление с переменным радиусом** (круговое, эллиптическое).

В результате выполнения операции ребро, являющееся пересечением двух граней, заменяется дополнительной поверхностью (поверхностью сглаживания), обеспечивающей требуемый переход от поверхности одной грани к поверхности другой.

В операции сглаживания рёбер доступен специальный режим диагностики, позволяющий в процессе создания операции оперативно оценивать возможность и причины возникновения ошибок.

Вызов  команды  может осуществляться  из  контекстного  меню,  вызванного при выборе одного из элементов, на котором можно построить операцию сглаживания. Таковыми являются грани, рёбра, циклы, вершины, операции.

***Правила задания операции***

Для создания операции сглаживания необходимо выполнить следующий набор действий:

1. Выбрать элементы для сглаживания.

2. Задать параметры сглаживания.

3. Подтвердить создание операции.

**Задание скругления постоянным радиусом**

1. Выберите объекты для создания скругления. Это удобнее сделать на первом этапе. Но при необходимости выбор объектов возможен в любой момент задания операции.

2. Установите в выпадающем списке тип сглаживания «Скругление».

3. Задайте радиус скругления. Предварительное его значение можно установить при помощи манипуляторов.

Манипуляторы для обозначения и изменения радиуса скругления появляются на каждом выбранном ребре (Рисунок 28). На прямых рёбрах – в количестве 1 штуки, на криволинейных – по 2 штуки, на замкнутых – по 4 штуки.

Рисунок 28 – Создание операции «Сглаживание ребер»

Изначально для всех рёбер, обрабатываемых одной операцией, задаётся одно значение радиуса. При изменении одного манипулятора все другие изменяются синхронно на это же значение. Для задания индивидуальных свойств какого-то ребра, выберите его в списке рёбер окна свойств, и отключите флажок «**Общие свойства**». Далее для этого ребра можно задать индивидуальное значение радиуса в поле «**Радиус**». Манипуляторы, управляющие радиусом сглаживания на этом ребре, будут изменяться независимо от остальных.

4. Подтвердите создание операции кнопкой .

**Задание скругления с переменным круговым радиусом**

|  |
| --- |
| clip0204 |
| Рисунок 29 – Параметры скругления с переменным круговым радиусом |

1. Выберите рёбра для создания скругления.

2. Выберите в выпадающем списке окна свойств тип сглаживания «**Переменный (круговой)**». Появляются необходимые элементы управления для задания остальных параметров.

3. Далее требуется задать набор промежуточных точек и значение радиуса в каждой точке.

Важно понимать следующее. Изначально система пытается составить одну последовательность (не обязательно гладкую) из всех выбранных рёбер. Если это не возможно, то будет составлено несколько последовательностей. Для каждой последовательности рёбер набор точек раскладывается по всей длине последовательности.  Система может автоматически составлять последовательности только из тех рёбер, которые помечены флажком «**Общие свойства**». Если для какого-либо ребра флажок «Общие свойства» отключен, то весь набор точек раскладывается на этом ребре, причём этот набор строго индивидуален для данного ребра.

 Список точек для задания радиуса задаётся в поле «**Позиция**» (Рисунок 29). Изначально существует две точки – «Начало» и «Конец», соответствующие 0% и 100% длины ребра (последовательности). Эти точки существуют всегда, и изменить их положение нельзя.

Для добавления новой промежуточной точки нажмите кнопку . На ребре появляется новый манипулятор (Рисунок 30), управляющий положением новой точки и радиусом сглаживания в этой точке. Двигая ручки манипулятора можно изменять оба эти параметра для обрабатываемой точки.



 Рисунок 30 – Создание скругления с переменным круговым радиусом

Текущее положение промежуточной точки отражается в поле «**Положение (%):**». Сюда же можно ввести точное значение с клавиатуры.

Для уточнения значения радиуса в промежуточной точке сначала нужно выбрать её из общего списка «Позиция». Далее можно ввести значение радиуса в поле «Радиус:».

Положение точек для задания радиуса сглаживания можно задавать с помощью графиков. Для этого используется кнопка окна свойств. При нажатии на кнопку открывается окно редактирования графика. Область определения графика по оси X ограничена значениями 0-100. Область значений функции тоже ограничена – запрещено задавать значения радиуса меньше 0.

4. Задайте тип изменения радиуса – **“Линейный”**, **“Гладкий”**, и особый вариант – **“Автоматически”**;

Тип изменения радиуса выбирается из выпадающего списка параметра **“Переход”**. По умолчанию установлен вариант **“Автоматически”**. В этом случае:

* если для текущего сглаживания заданы только начальная и конечная точки, то изменение радиуса будет рассчитываться по линейному алгоритму;
* в противном случае (когда заданы внутренние точки) применяется гладкий алгоритм изменения радиуса.

5. Подтвердите создание операции нажатием кнопки .

**Задание скругления переменным эллиптическим радиусом**

1. Выберите рёбра для создания скругления.

2. Выберите в выпадающем списке окна свойств тип сглаживания «**Переменный (эллиптический)**». Появляются необходимые элементы управления для задания остальных параметров.

3. Далее требуется задать набор промежуточных точек, смещения и значение коэффициента формы в каждой точке.

При данном способе сглаживания для каждой точки задаются два смещения, определяющие границы поверхности сглаживания в данном сечении, и коэффициент формы поверхности.

Рисунок 31 – Создание скругления с переменным эллиптическим радиусом

В самом общем случае, когда вы не используете манипуляторы (Рисунок 31), рекомендуется следующий порядок задания параметров поверхности в точках:

Установить курсор на требуемое ребро в списке выбранных элементов.

Установить курсор в поле списка точек.

Добавить необходимое количество промежуточных точек, задать их положение на ребре или текущей последовательности рёбер.

Перебирая точки для каждого ребра, задать значения смещений и коэффициентов формы.

4. Задайте тип изменения радиуса – **“Линейный”**, **“Гладкий”**, **“Автоматически”** (точно также, как и при создании сглаживания переменным круговым радиусом);

5. Подтвердите создание операции нажатием кнопки .

**Задание фаски**

1. Выбрать рёбра для создания фаски.

2. Выбрать тип сглаживания «**Фаска (смещения)**» или «**Фаска (длина-угол)**».

3. Задать параметры фаски. Для разных типов фаски набор параметров различен. Удобнее всего для установки приблизительного значения пользоваться манипулятором-фаской (Рисунок 32). Точное значение можно задать в окне свойств.

При задании фаски по смещениям одна ручка манипулятора задаёт первое смещение, другая управляет вторым смещением. С какой стороны от ребра будет задаваться первое и второе смещение, зависит от направления ребра. Направление ребра можно изменить на противоположное при помощи флажка «**Разворот**». Этот флажок работает для каждого отдельного ребра и не зависит от параметра «Общие свойства».

При задании фаски по углу вторая ручка манипулятора будет задавать параметр «**Угол**». В окне свойств напротив поля «Угол» можно включить специальный флажок, который заблокирует изменение угла при помощи второй ручки манипулятора. При этом передвижение обеих ручек манипулятора будет задавать только первое смещение при неизменном угле.

4. Подтвердите создание операции нажатием кнопки .

     Рисунок 32 – Создание фасок

**Команда "3B" - Создать булеву операцию**

Вызов команды:

Пиктограмма

Клавиатура  ***<3><B>***

Текстовое меню  **"Операции|Булева операция"**

Булева операция предназначена для создания нового тела на основе двух или более уже существующих тел. В результате выполнения операции создаётся новое тело, являющееся комбинацией исходных тел.

*Основные понятия. Возможности операции*

**Типы булевой операции**

Существует три типа булевой операции (Рисунок 33):

**Сложение**. Результатом выполнения операции является тело, объединяющее в себе все части тел, участвующих в операции.

**Вычитание**. Результатом выполнения операции является тело, полученное вычитание одного тела из другого.

**Пересечение**. Результатом выполнения операции является тело, полученное пересечением тел, участвующих в операции и состоящее из общих частей этих тел.

Рисунок 33 – Типы булевой операции

Для работы в команде используются совместно автоменю и окно свойств. Они работают синхронно и дополняют друг друга. Состояние автоменю зависит от стадии задания операции, от назначения и типа выбираемых объектов.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

1. Выбрать булевы операнды.

2. Выбрать тип булевой операции.

3. Выбрать части операндов для формирования выборочной булевой операции (не обязательно).

4. Задать соответствия элементов (не обязательно).

5. Задать дополнительные параметры (при необходимости).

6. Задать параметры сглаживания (не обязательно).

7. Подтвердить создание операции.

**Команда "3H" - Отверстие**

Вызов команды:

Пиктограмма

Клавиатура  ***<3><H>***

Текстовое меню  **"Операции|Отверстие"**

Операция “Отверстие” призвана облегчить создание стандартных отверстий различных типов. Она позволяет создавать как одиночные отверстия в одном теле, так и сразу наборы отверстий или отверстия в нескольких отдельных телах. При создании резьбовых отверстий автоматически наносится косметическая резьба.

Операция “Отверстие” позволяет создать набор отверстий. Все отверстия в наборе будут одинакового типа, размера и глубины. Набор может состоять из одного или более отверстий.

Для каждого отверстия набора задаётся ***точка привязки***, лежащая на грани тела, в котором необходимо создать отверстие. Грань, на которой располагается точка привязки, будет являться ***несущей*** гранью отверстия.

Несущие грани отверстий одного набора (т.е. входящих в состав одной операции) могут совпадать, быть разными, и даже принадлежать различным телам.

Ориентация отверстий в наборе – ориентация оси отверстия в пространстве, угол поворота отверстия относительно его оси – может быть различной.

Для каждого элемента набора в процессе создания или редактирования операции можно изменить точку привязки, ориентацию. Любое отверстие можно удалить из набора.

**Шаблоны отверстий**

Создание любого отверстия фактически является процессом автоматической вставки специального 3D фрагмента – шаблона отверстия. Шаблон имеет набор параметров, которые предназначены для определения типа и размеров создаваемого на его основе отверстия.

Шаблоны отверстий хранятся в параметрической библиотеке “Hole Features”, входящей в конфигурацию “Служебная”. При необходимости эта библиотека может быть дополнена пользователем самостоятельно.

В стандартную библиотеку входят шаблоны отверстий следующих типов:

* Квадратное;
* Под концы установочных винтов (тип 1, 2, 3);
* Под крепёжные детали;
* Продолговатое;
* Резьбовое;
* Центровое (форма A, B, C, E, F, H, R, T).

Для расширения списка отверстий, входящих в библиотеку, необходимо по определённым правилам создать шаблон нового типа отверстий в отдельном документе и добавить его в соответствующую библиотеку (“Hole Features” для метрических единиц или “Hole Features Inch” - для дюймовых).

Для создания отверстия необходимо выполнить следующие действия (порядок выполнения действий может быть другим):

1. Выбрать тип и основные геометрические параметры создаваемого набора отверстий;

2. Задать точки привязки отверстий;

3. Выбрать необходимую глубину отверстий;

4. Изменить ориентацию осей и углы поворота отверстий, выбранные системой по умолчанию (необязательное действие);

5. Завершить создание отверстий (с помощью в автоменю или окне свойств).

Выбор типа создаваемых отверстий осуществляется в окне свойств операции. В нижней части окна свойств отображается условное обозначение отверстия выбранного типа и поля ввода всех его геометрических параметров. Для задания любого размера достаточно поместить курсор в соответствующее поле ввода на схеме и ввести требуемое число (или выбрать его из списка). Вместо числовых значений можно указывать переменные. В этом случае в качестве значения параметра будет выбираться ближайшее к значению переменной число из соответствующего списка.

Дополнительная кнопка , расположенная в окне свойств (Рисунок 34), позволяет выполнить пересчёт отверстия после изменения его размеров.



|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рисунок 34 – Виды окна свойств для операции «Отверстие» |

У сквозных несимметричных (то есть, например, имеющих фаску с одной стороны) отверстий можно при необходимости изменить направление оси отверстия на противоположное, установив дополнительный флажок **“Перевернуть отверстие”**. Обратите внимание, что данный флажок влияет на вид всех отверстий создаваемого набора.

Изменить первоначально заданные тип и размеры отверстий можно в любое время при создании или редактировании отверстий (до завершения создания нажатием ).

Задание точек привязки отверстий

Для задания точек привязки отверстий в автоменю должна быть активна опция (активна по умолчанию при входе в команду):

 ***<A>*** Выбрать грань, узел или круговое ребро для задания центра отверстия

Создать набор отверстий по массиву 3D узлов позволяет опция:

 ***<M>*** Создать массив отверстий

После выбора опции необходимо задать исходный массив узлов. Выбрать массив можно в дереве 3D модели или прямо в 3D сцене, указав любой из элементов массива с помощью .

Задание глубины отверстия

Необходимый режим задания глубины отверстия устанавливается с помощью следующих опций автоменю команды:

 ***<E>*** До следующей грани

 ***<F>*** Насквозь

 ***<J>*** На заданную длину

 ***<S>*** До заданной грани

Выбор первых двух режимов не требует каких-либо дополнительных действий. Глубина отверстий будет определена системой автоматически.

Изменить параметры существующего отверстия можно, выбрав его в дереве модели и вызвав из контекстного меню команду " - Переменные".

