**Основные понятия T-FLEX CAD 3D**

Система T-FLEX CAD 3D обладает широким набором средств твердотельного и поверхностного моделирования, что позволяет пользователю создавать параметрические 3D модели любой сложности. При работе с 3D элементами используется весь набор средств параметризации как и при создании двумерного чертежа (задание геометрических размеров и параметров элементов с помощью переменных и т.д.).

Для отображения 3D элементов служит окно 3D вида. Все 3D элементы, трехмерные тела и поверхности, отображаемые в 3D виде окна текущего чертежа, составляют 3D сцену.

***Основные определения топологических элементов***

3D модель представляет собой набор связанных или не связанных геометрических компонентов. Ниже приведены основные топологические элементы, из которых состоит любой геометрический объект системы T-FLEX CAD (Таблица 1)

Таблица 1

Основные топологические элементы, из которых состоит любой геометрический объект системы T-FLEX CAD

|  |  |
| --- | --- |
| **Твёрдое тело**. Набор геометрических объектов – вершин, граней и рёбер, замыкающий непрерывный объём. Самое простое твёрдое тело образуется при движении какой-либо ограниченной поверхности (контура) и обладает такими атрибутами как масса, объём, площадь поверхности и т.д..  |  |
|  | Продолжение таблицы 1 |
| **Листовое тело (поверхность)**. Набор геометрических объектов – вершин, граней и рёбер, замыкающих непрерывную площадь и не замыкающих объёма. |  |
| **Вершина**. Представляет собой точку в пространстве. Вершина служит для ограничения рёбер. Одна вершина может принадлежать нескольким ребрам одновременно. **Ребро**. Участок кривой, ограниченный двумя вершинами. Если ребро замкнутое, оно может содержать только одну вершину. |  |
| **Цикл**. Набор рёбер, образующий один замкнутый контур. Цикл является элементом, ограничивающим поверхность грани. В каждой вершине цикла сходится не более двух рёбер. **Грань**. Ограниченный участок поверхности. В качестве границ грани выступают циклы. Одна грань может содержать неограниченное количество циклов. Грань, не содержащая циклов, формирует замкнутый объект, например, полную сферу. |  |

***Основные геометрические понятия***

3D точка имеет только одно свойство – координаты местоположения. Она может быть определена 3D узлом, 3D вершиной, задана при помощи параметра "положение" на кривой или поверхности, вычислена в характерном месте объекта (на оси поверхности вращения, в центре дуги или сферы), на пересечении объектов и т.д.

Ко второй группе относятся все объекты, имеющие такое основное свойство, как длина (периметр). Такие объекты мы будем называть элементами с "проволочной" геометрией. К ним относятся все линейные объекты – рёбра, 3D пути, циклы, 3D профили.

В следующую группу включены все объекты, имеющие площадь. Такие объекты будем называть "листовыми". К ним относятся все виды поверхностей, листовые тела, грани, а также замкнутые 3D профили. Листовой объект может быть получен в результате выполнения большинства трёхмерных операций.

Четвертая группа объединяет все твёрдые тела.

Для работы с 3D моделью предназначена группа команд в текстовом меню "Построения" ('Рабочая плоскость' и т.д.) - для создания вспомогательных 3D элементов и "Операции" - для создания твёрдых тел и поверхностей.

Операцией будем называть любой шаг по созданию нового или модификации существующего твёрдотельного или листового геометрического объекта. Для выполнения каждой операции в существует отдельная команда. Те операции, в результате которых получаются новые тела, мы будем называть операциями первого уровня. Операции, предназначенные для изменения геометрии и модификации существующих тел, будем называть операциями второго уровня.

Геометрическую основу для выполнения операций первого уровня предоставляют различные 3D элементы построения. Эти элементы также могут служить для задания ориентации в пространстве, определения направлений, векторов, осей, траекторий и т.д. Для создания каждого такого элемента существует отдельная команда.

Любому твердотельному или листовому 3D объекту в 3D сцене соответствует специальный элемент структуры 3D модели – Тело. Элемент "Тело" введён для предоставления пользователю возможности, создав первой (базовой) операцией новый геометрический объект (твёрдое или листовое тело), в дальнейшем работать с ним как с постоянным элементом структуры 3D модели.

Тело создаётся автоматически при создании твердотельного или листового 3D объекта базовой операцией и сохраняется до тех пор, пока данный объект существует. Геометрия исходного объёма или поверхности может меняться (в результате применения модифицирующих операций), но ему всегда соответствует одно и то же Тело, определяющее параметры данного геометрического объекта: имя, материал, цвет, способ представления (плотность сетки, рёберное изображение).

В одной 3D модели может быть неограниченное количество тел.

В некоторых командах Тела могут использоваться как самостоятельные элементы. В этом случае в качестве исходного объекта используется тело операции, стоящей последней в истории создания данного Тела. Например, при создании 2D проекции для проецирования можно выбрать конкретное Тело. Это удобно, если при проектировании сначала оформляется чертёж заготовки детали или набора деталей, а потом производится последующая модификация модели при помощи новых операций. Чертёж в этом случае будет отображать все последующие изменения этой детали.

Термин "Тело" (с заглавной буквы) обозначает именно элемент структуры 3D модели. Написание "тело" (с прописной буквы) будет использоваться для краткого обозначения геометрического объекта, т.е. объёма или поверхности в 3D сцене.

Работая с 3D моделью, пользователь может применять разные методы проектирования, либо их комбинацию. Для работы первым методом необходимо ввести понятие режима активной рабочей плоскости.

Режим активной рабочей плоскости позволяет пользователю работать в 3D окне на рабочей плоскости с любыми 2D командами, создавая элементы построения и изображения также как при работе с двумерным чертежом.

Создание сборочных конструкций предполагает использование 3D фрагментов или создание в документе нескольких твёрдых тел. В системе T-FLEX CAD любой документ, содержащий 3D модели, может являться как сборкой, так и 3D фрагментом. Гибкий механизм определения привязки элементов 3D сборки позволяет точно указать их положение в сборочной конструкции. Метод, в котором созданные отдельно элементы, включаются в сборку, в дальнейшем будем называть "проектированием снизу-вверх". Другой путь заключается в создании 3D модели, содержащей набор операций, и последующим их (операций) сохранением в отдельных документах. Причем пользователь может управлять наличием и типом связи полученных деталей с исходным документов. Такой способ в дальнейшем будем называть "проектированием сверху-вниз".

 В некоторых случаях бывает полезно просмотреть сборочную конструкцию в разобранном состоянии. Т.е. когда элементы сборки отделены друг от друга. Для этого у каждого элемента сборки предусмотрены параметры, задающие преобразования (смещение, повороты) относительно системы координат, к которой он привязан. При выполнении команды "Разборка - 3VX " сборочная конструкция будет отображена с учетом заданных параметров разборки.

Структура 3D модели представлена в виде дерева в окне "3D модель" (Рисунок 14). Первая ветвь "3D построения" отражает наличие и взаимосвязи рабочих плоскостей и вспомогательных 3D элементов. Затем располагаются разделы соответствующие операциям. Каждый элемент дерева связан с объектами, на основе которых он был создан.



Рисунок 14 - Окно "3D модель"

При выборе элемента дерева модели в окне 3D вида подсвечивается соответствующий объект и становится доступным контекстное меню (по нажатию правой кнопки мыши).

Окно диагностики отображает список сообщений системы об ошибочных ситуациях, которые могут возникать создании элементов и операций, либо при изменении параметров модели. Например: два тела не пересекаются, не может быть построена поверхность сглаживания. Окно диагностики вызывается из текстового меню **"Вид|Окна|Окно диагностики"**.

 Остановимся подробнее на возможностях параметризации. Практически каждый параметр любой команды (операции) можно изменять в любое время. Кроме того, вместо численных или текстовых значений параметров команды можно задавать переменные. Эти переменные, например, можно включить в расчёт или наложить условия зависимости от других параметров и переменных. При изменении параметра родительского элемента автоматически, либо вручную включается процесс пересчёта модели. Система проходит по структуре модели, подставляет переменные и пересчитывает модель.

Процесс пересчёта модели называют еще регенерацией. В T-FLEX CAD есть полная и частичная регенерация. Полная регенерация нужна для обновления всего чертежа и модели. При этом заново пересчитываются все объекты. Частичная регенерация нужна для экономии времени. Система самостоятельно анализирует, какие объекты были изменены после последней регенерации и пересчитывает только измененные объекты и их потомки. Пересчёт трехмерной модели после изменения параметров чертежа может производиться автоматически, если установлен соответствующий параметр на закладке **"3D"** команды "SO: Задать установки системы", или по вашему требованию после вызова команды "3G - Обновить трехмерную модель".

 При работе с 3D командами следует иметь в виду, что 3D элементы могут выбираться как по 3D виду, так и по 2D виду. Это относится в первую очередь к 3D узлам и 3D профилям, которые могут выбираться в 2D виде соответственно, по узлам и штриховкам. При этом следует помнить, что если вы находитесь в 3D виде, то вызов 2D команд системы доступен только при активной рабочей плоскости. А выбор 3D элементов в режиме активной рабочей плоскости возможен только при нажатой пиктограмме .

На любом этапе работы с 3D моделью возможно редактирование 3D элементов, позволяющее изменить параметры элемента или способ его задания.

Работая в окне 3D вида, вы можете вращать 3D сцену с помощью мыши. Для этого необходимо нажать и, не отпуская клавишу, перемещать курсор мыши. В результате 3D сцена повернется на определенный угол. Также вы можете использовать команды, задающие различные режимы вращения ("**Вид|Вращение|...**" или пункт "**Вращение**" в меню, появляющемся при нажатии правой кнопки мыши).

Вид - это совокупность информации о состоянии 3D окна: точка взгляда, расстояние до объекта, параметры визуализации, способ проецирования и т.д. Конкретные наборы  этих данных можно запоминать, для того чтобы быстро установить 3D сцену в требуемое положение.

Визуализация - способ, с помощью которого трехмерные тела отображаются в 3D окне.

1. Реберное изображение. Способ удобен тем, что элементы заднего плана не заслоняются передними элементами. Также можно увидеть объекты, расположенные внутри тела.

2. Тоновая закраска. Грани тел отображаются с учетом заданного цвета.

3. Тоновая закраска с материалами. Грани отображаются с учетом выбранного материала, как для тела в целом, так и в соответствии с материалом, наложенным на отдельную грань.

4. Реберная модель с удалением невидимых линий. Используется быстрый алгоритм определения видимости линий.

5. Реберная модель с точным удалением невидимых линий. Рисуется реберная модель в текущем положении без невидимых линий.

Управляют режимом отображения 3D модели команды "**Вид|Изображение|...**" или пункт "**Изображение**" в меню, появляющемся при нажатии правой кнопки мыши.

 Созданную трехмерную модель можно экспортировать в стандартные форматы DXF 3D, PARASOLID, IGES, STEP, STL, Windows BMP для передачи геометрии в другие системы и в системы создания программ для станков с ЧПУ. Для этого необходимо воспользоваться командой "[EXport](file:///D%3A%5C%5Cold%5C%5C%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82%5C%5C%D0%9E%D0%BD%D0%BA%D1%82%5C%5C%D0%A5%D0%B5%D0%BB%D0%BF%5C%5Cexport.htm) ". Команда "[Import](file:///D%3A%5C%5Cold%5C%5C%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82%5C%5C%D0%9E%D0%BD%D0%BA%D1%82%5C%5C%D0%A5%D0%B5%D0%BB%D0%BF%5C%5Cimport.htm)" позволяет конвертировать в T-FLEX CAD модели, созданные в других системах.

Вы можете рассчитать масс-инерционные характеристики тел с помощью вызова команды "3M: Получить масс-инерционные характеристики".

Рассчитать расстояние между телами, а также проверить сборочную модель на взаимное проникновение тел можно в команде "PM - Измерить элемент или отношение между элементами".

Материал - элемент системы, назначаемый в качестве параметра каждому созданному телу. Материал позволяет придавать компьютерным моделям сходство с реальным изделием. Он содержит перечень характеристик реального материала, с которым мы имеем дело в действительности. Материал имеет параметры: плотность, отражающая способность, поглощающая способность и т.д. Назначить материал для всего тела можно в параметрах любой операции. "3AM - Наложение материала" - операция, которая служит для назначения материала конкретным граням тела.

Любое твёрдое тело обладает рядом характеристик (объем, массу, координаты центра масс, моменты инерции и т.д.) Команда "[3MP](file:///D%3A%5Cold%5C%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82%5C%D0%9E%D0%BD%D0%BA%D1%82%5C%D0%A5%D0%B5%D0%BB%D0%BF%5C3m.htm) - Характеристики" позволяет рассчитать значения геометрических характеристик тела и при необходимости сохранить их во внешнем файле.

Определить взаимное расположение объектов в 3D сцене или вычислить характеристики элементов 3D модели (длину ребра, площадь грани, координаты узлов, и т.д.) позволяет команда "PM - Измерить".  В ней же можно назначить переменные, которые с помощью специальной функции будут считывать требуемые характеристики с нужных элементов. Таким образом, значения характеристик можно использовать в качестве исходных данных для дальнейших построений.

Для оценки кривизны поверхности используется команда "3VV - Кривизна поверхности". Данная команда позволяет оценить кривизну поверхности выбранной грани или всего тела целиком. После вызова этой команды все объекты отображаются в режиме "Тоновая закраска". В зависимости от значения кривизны грани закрашиваются различными цветами. Можно получить численное значение кривизны, если указать курсором в конкретную точку поверхности.

Получить фотореалистичное изображение объектов 3D сцены позволяет приложение POV-RAY, которое поставляется вместе с T-FLEX CAD 3D. Также фотореалистичное изображение используется при создании анимационных видеороликов. Создать изображение и сохранить в файле формата BMP позволяет команда "3VY - Фотореалистичное изображение".

Проекции отображают на плоскости все тела трехмерной сцены или выборочные тела, или отдельные элементы тел. Полученное изображение располагается в 2D окне (команда "3J - 2D проекция"). При получении проекций могут учитываться сечения, например, для создания разрезов. Такой подход позволяет избежать дополнительных построений в 2D окне. Достаточно построить трехмерное тело, а необходимые виды в 2D окне получить методом проецирования. В дальнейшем 2D проекции могут быть использованы для оформления чертежей. Группа команд "Вид|Проекция|..." позволяет вывести в окно 3D вида изображение 3D сцены в виде соответствующей проекции.

***3D элементы оформления***

T-FLEX CAD позволяет проставлять элементы оформления чертежа (размеры, надписи, шероховатости) непосредственно на гранях, рёбрах и вершинах 3D модели.

Возможность создания трёхмерных элементов оформления (Рисунок 15) позволяет внести в 3D модель не только геометрическую, но и технологическую и другую информацию, которая впоследствии может быть использована при построении чертежей по 2D проекциям, а также в других приложениях, например, в модулях технологического проектирования или создания управляющих программ для ЧПУ.

Рисунок 15 – Примеры трёхмерных элементов оформления

Плоскость обрезки позволяет рассекать объекты 3D сцены (команды "Вид|Плоскость обрезки|..."). Используется для визуального анализа внутренних элементов тел, а также для выбора объектов 3D сцены, расположенных внутри тел. Исходное положение плоскости обрезки - параллельно плоскости экрана, затем её можно перемещать вдоль фиксированного направления.

Источник света обеспечивает освещение 3D сцены. По умолчанию в 3D окне действует основной источник света, расположенный в точке взгляда. Отключить его или изменить интенсивность можно в команде 3VP. Пользователем может быть создано любое количество дополнительных источников света (команда "3L"). Существует три типа источников света:

- точечный (излучает свет из одной точки во всех направлениях);

- направленный (излучает свет в заданном направлении на всю 3D сцену);

- прожектор (излучает свет из определённой точки в заданном направлении с заданным углом рассеивания).

Камера - элемент, определяющий точку и направление взгляда на 3D сцену. В каждом 3D окне имеется одна камера "по умолчанию". Система позволяет создавать собственные камеры, выбирать активную камеру (команды "Вид|Камера|..."). Создаваемые камеры привязываются к локальной системе координат и могут изменять свое положение вместе с ее перемещением и относительно нее. Также может изменяться и направление взгляда камеры. Это позволяет осуществлять осмотр внутренних элементов сцены, создавать анимационные ролики