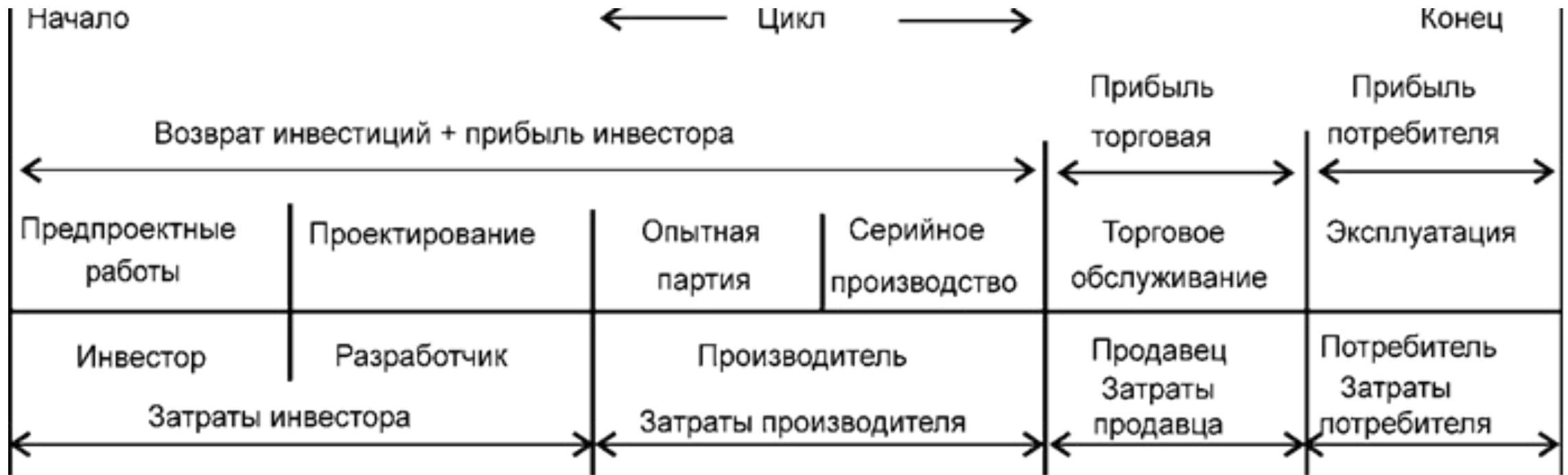
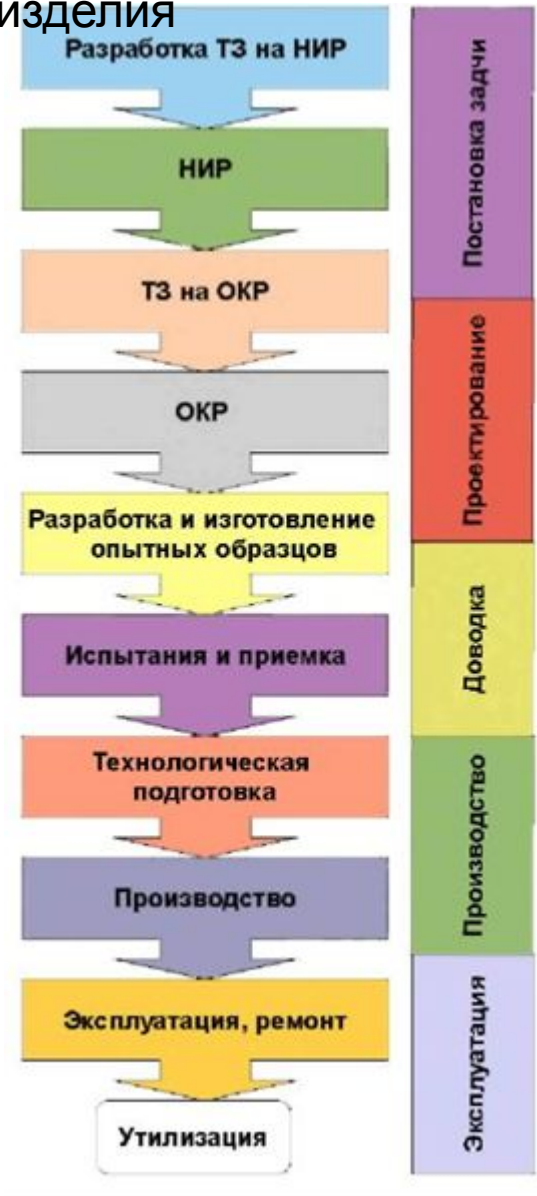


Схема жизненного цикла изделия



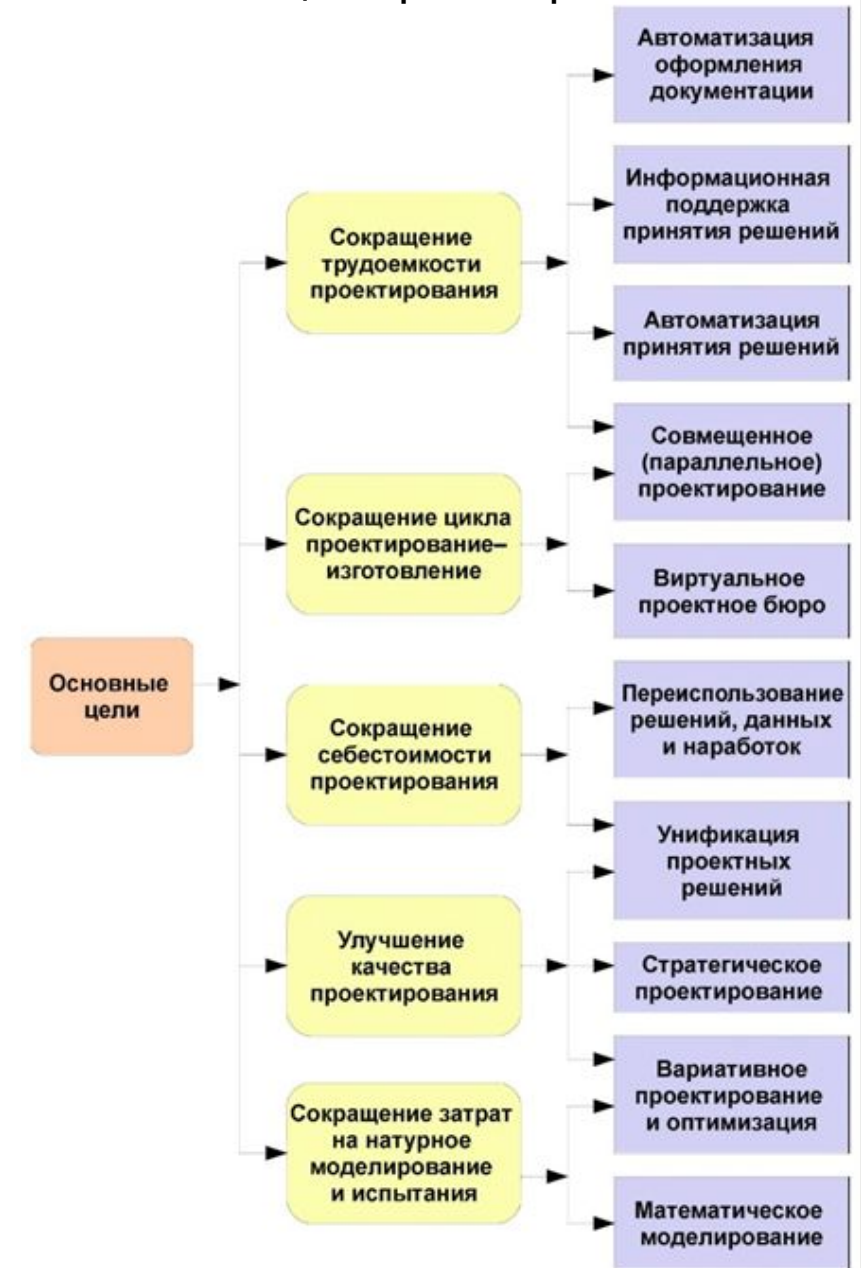
Жизненный цикл изделия



Этапы опытно-конструкторских работ



Основные цели и методы автоматизации проектирования



Классификация САПР

- 1) разновидности и сложности объектов проектирования:
 - а) САПР низкосложных объектов (количество составных частей до 100);
 - б) САПР среднесложных объектов (100-10 000);
 - в) САПР высокосложных объектов (выше 10 000);
- 2) уровню автоматизации:
 - а) неавтоматизированные (до 25% проектных процедур автоматизировано);
 - б) среднеавтоматизированные (25-50%);
 - в) высокоавтоматизированные (50-75%);
- 3) уровню комплексности:
 - а) одноэтапные (один этап проектирования);
 - б) многоэтапные (несколько этапов);
 - в) комплексные (весь процесс создания изделия);
- 4) характеру и числу выпускаемых проектом документов:
 - а) САПР низкой производительности (100-10 000 проектных документов в пере-счете на формат А4 за год);
 - б) САПР средней производительности (10 000-100 000);
 - в) САПР высокой производительности (100 000 и выше).

Геометрическое моделирование. Общие

положения

Задача геометрического моделирования является важной областью САПР.

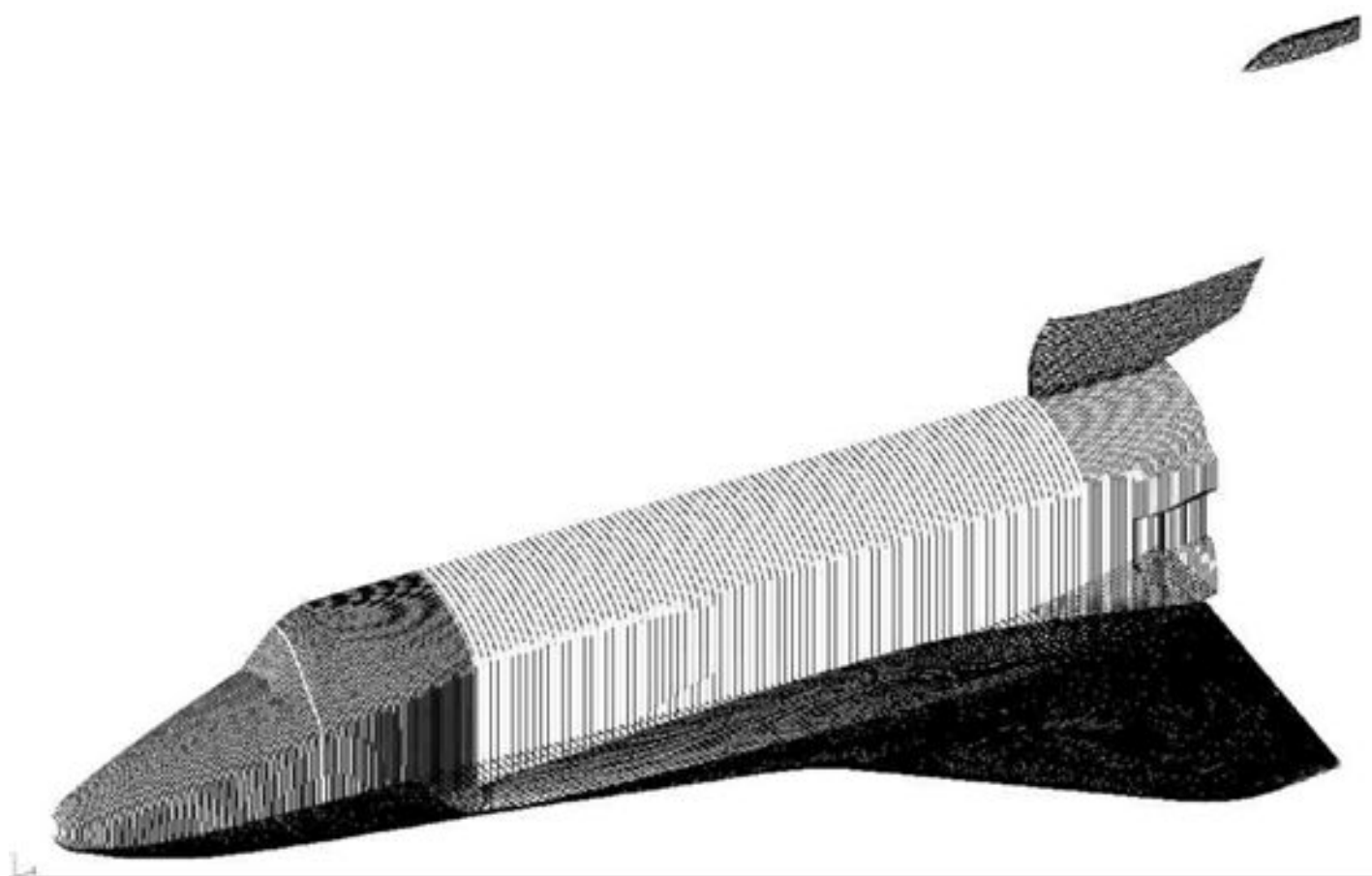
Геометрические модели в САПР используются для решения многих задач: визуализации, построения расчетных сеток, генерации управляющих программ ЧПУ и т.д. В первую очередь, они предназначены для хранения информации о форме объектов и их взаимном расположении и предоставления ее для обработки в удобном для компьютерной программы виде. В этом ключевое отличие электронной геометрической модели от чертежа, который представляет собой условное символично-графическое изображение, предназначенное для чтения человеком. Существуют следующие виды геометрического моделирования:

- каркасное моделирование;
- поверхностное моделирование;

Каркасное моделирование

Каркасное моделирование - исторически первая технология представления объемной геометрии, самый простой способ представления трехмерных моделей - так называемые проволочные каркасы, или просто каркасы, которые дают неоспоримые преимущества по сравнению с моделированием на плоскости. Недостаток каркасного представления моделей состоит в том, что программы не могут отобразить всех особенностей поверхностей, определяемых каркасами, и это делает невозможным построение, например, точных сечений.

Каркасная модель теоретических обводов космического корабля Буран



Поверхностное

моделирование

В отличие от каркасного представления, моделирование при помощи поверхностей позволяет определить своеобразную «оболочку» трехмерного объекта.

Геометрические модели на основе поверхностного представления обеспечивают качественную визуализацию, более простой переход к построению расчетных сеток для численного моделирования, обеспечивают ряд полезных функций, таких как построение пространственных сопряжений, сечений, определения линии пересечения оболочек, генерацию чертежных проекций.

Поверхностная модель теоретических обводов космического корабля

Буран



Твердотельное

моделирование

Существуют различные алгоритмические методы представления твердотельных моделей - воксельное, использование октарных и бинарных деревьев, однако в практике САПР наиболее широкое применение имеет технология, базирующаяся на

граничном представлении элементарных односвязных тел (BREP, Boundary Representation)

в совокупности с

конструктивной геометрией (CSG, constructive solid geometry), описывающей операции над телами.

Граничное представление определяет сплошное тело неявно путем описания ограничивающей его поверхности. Суть BREP-представления заключается в том, что твердое тело описывает замкнутая пространственная область, ограниченная набором элементарных тонких поверхностей (граней) с общими образующими контурами (ребрами) на границе поверхностей и признаком внешней или внутренней стороны поверхности, а также обеспечивающим следующий ряд операций, определенных над телами:

- проверка правильности задания, для односвязных тел осуществляется по формуле Эйлера, в наиболее общем виде записываемой как:

$$V - E + F = 2,$$

где V - количество вершин, E - количество ребер, F - количество граней;

- вычисление габаритного объема;

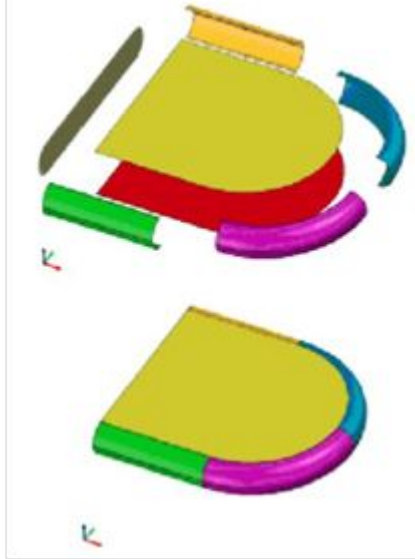
- вычисление нормали в точке;

- вычисление кривизны поверхности;

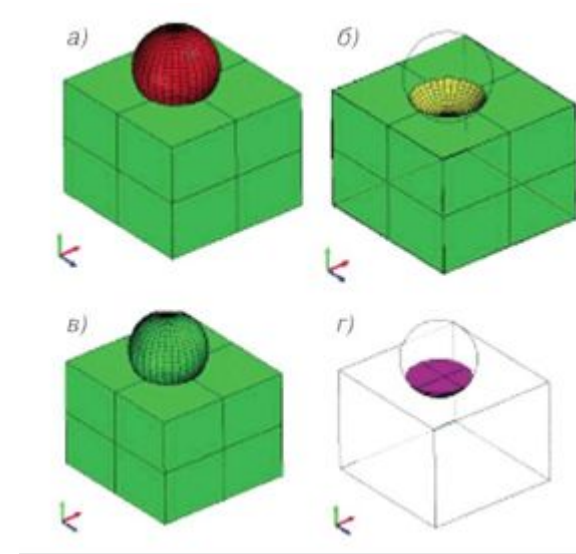
- нахождение точки пересечения с контуром или другой поверхностью;

- определение положения точки относительно поверхности

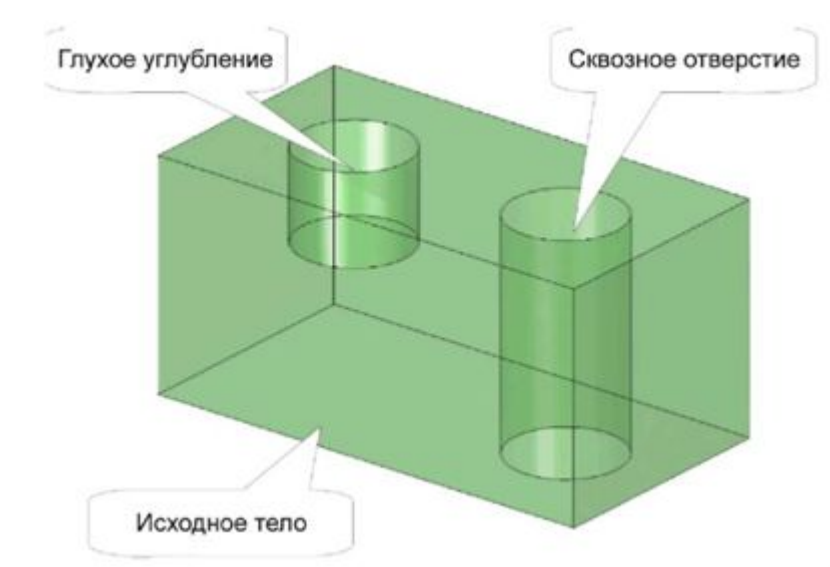
ВРЕР-предствление простых твердых тел



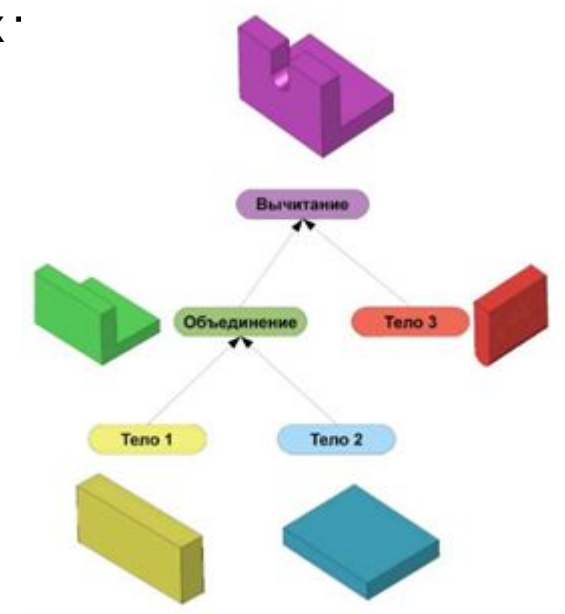
Булевы операции над простыми твердыми телами



ВРЕР-представление сложных твердых тел



Дерево построения составных твердых тел



Параметрическое проектирование

Процесс проектирования и конструирования, как правило, итеративный и предполагает перебор нескольких вариантов, поэтому упрощение и автоматизация построения модели будущего изделия являются одной из важнейших задач САПР.

Одним из широко распространенных методов решения этой задачи является параметрическое проектирование (или просто параметризация).

Параметрическое проектирование основано на моделировании деталей и изделий с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время перебрать с помощью изменения параметров или геометрических отношений различные конструктивные схемы, выбрать оптимальные решения и избежать принципиальных ошибок.

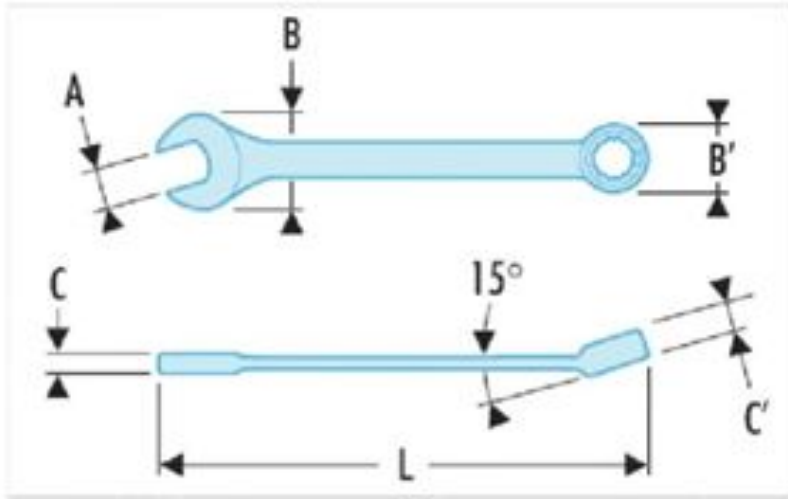
Использование технологии параметрического конструирования позволяет, при необходимости, легко изменять форму модели, в результате чего пользователь имеет возможность быстро и эффективно получать альтернативные конструкции или пересмотреть концепцию изделия в целом. При отсутствии средств обеспечения параметрического конструирования модель определена однозначно только своей геометрией, поэтому внесение даже малейших изменений требует значительных трудовых затрат. Изменения же параметрической модели выполняются так же легко, как и изменения значения размеров на чертежах.

Параметризация - концепция, которая охватывает все методы для решения задач конструирования. Важной особенностью современной концепции параметрического конструирования является, прежде всего, возможность создания геометрической модели с использованием связей и

Табличная параметризация

Табличная параметрическая модель гаечного ключа

Technical document(s)
- Dimension drawing



Please select one table row below:

Item code	A (")	B (mm)	B' (mm)	C (mm)	C' (mm)	L (mm)	Mass (g)
40.1/4	1/4"	15	10.4	3.8	6	113	18
40.5/16	5/16"	19.5	12.9	4.3	6	130	28
40.11/32	11/32"	21.6	14.2	4.3	6.1	137	34
40.3/8	3/8"	23.6	15.9	4.8	6.6	145	40
40.7/16	7/16"	25.6	17	5.1	7	153	53
40.1/2	1/2"	29.4	19.8	5.6	8	170	70
40.9/16	9/16"	31.5	21.2	6	8.5	178	80
40.5/8	5/8"	35.5	23.8	6.9	9.8	193	104
40.11/16	11/16"	37.5	25	7	10.3	200	120
40.3/4	3/4"	41.8	29.4	7.6	11.3	216	160
40.13/16	13/16"	44	29.4	8	11.6	224	172
40.7/8	7/8"	48	32	8.2	12.3	248	212
40.15/16	15/16"	52	34.7	8.5	12.9	268	270
40.1"	1"	54.4	36.3	8.5	13.2	270	297
40.1 1/16	1" 1/16	59	39	8.8	14	294	355
40.1 1/8	1" 1/8	61.6	41	9	14.4	305	394
40.1 1/4	1" 1/4	68.8	46	10.1	16	356	575

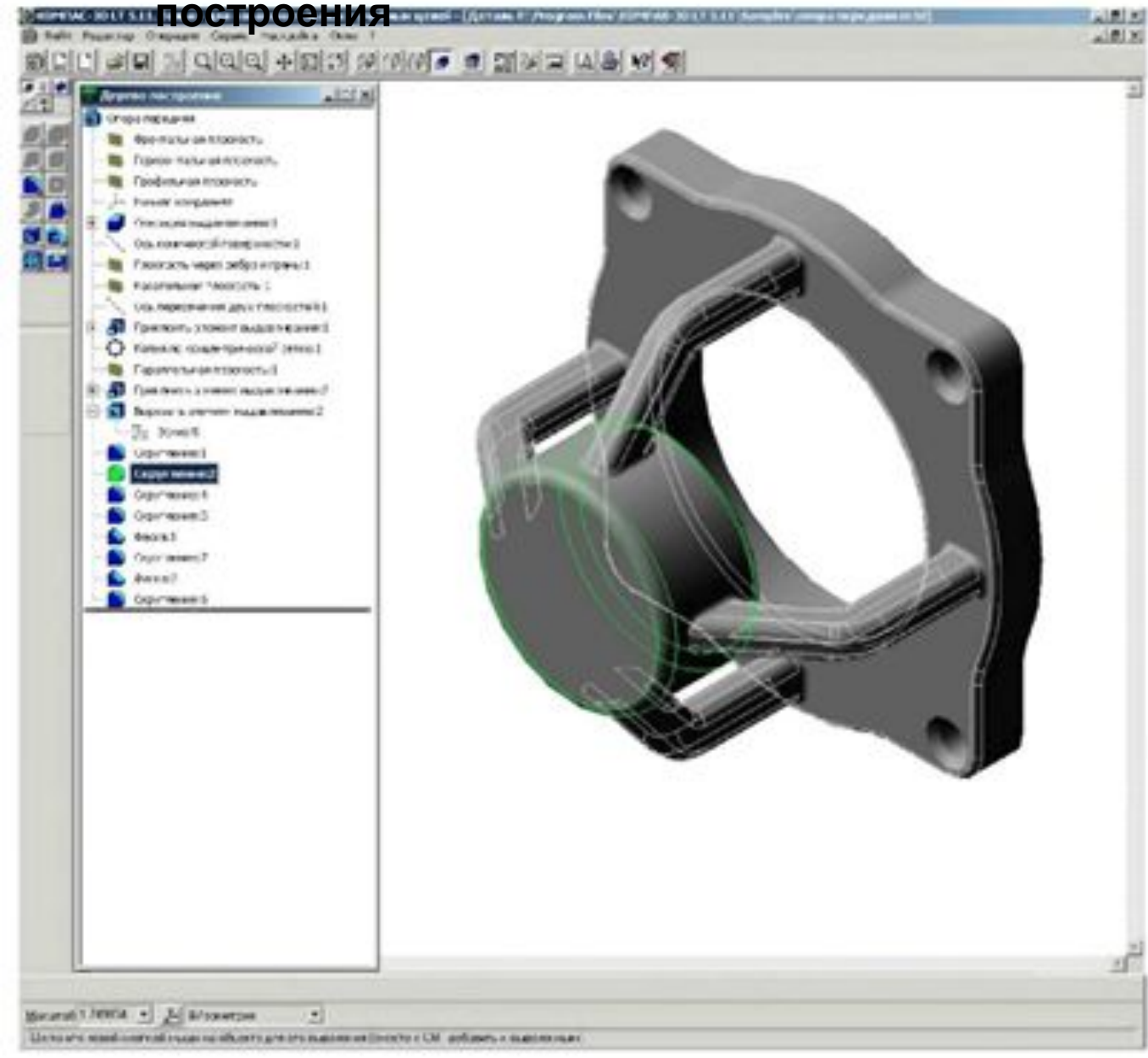
Табличная параметризация заключается в создании таблицы параметров типовых де-талей. Создание нового экземпляра детали производится путем выбора из таблицы типоразмеров. Возможности табличной параметризации весьма ограничены, поскольку задание произвольных новых значений параметров и геометрических отношений обычно невозможно.

Однако табличная параметризация находит широкое применение во всех параметрических САПР, поскольку позволяет существенно упростить и ускорить создание библиотек стандартных и типовых деталей, а также их применение в процессе конструкторского проектирования.

Иерархическая

Геометрическая модель с «деревом построения»

параметризация

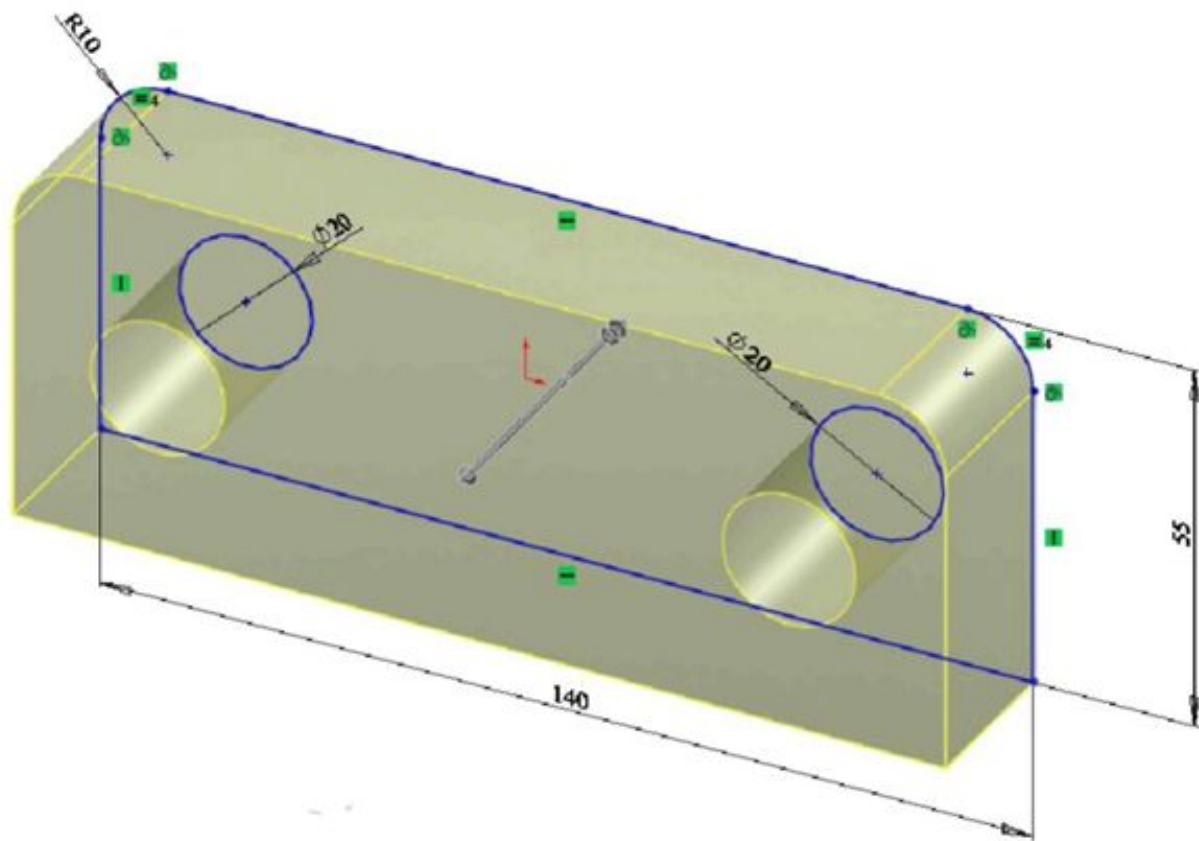


Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построений) заключается в том, что в ходе построения модели вся последовательность построения отображается в отдельном окне в виде «дерева построения». В нем перечислены все существующие в модели вспомогательные элементы, эскизы и выполненные операции в порядке их создания.

Помимо «дерева построения» модели, система запоминает не только порядок ее формирования, но и иерархию ее элементов (отношения между элементами) (например: сборки => под сборки => детали). Параметризация на основе истории построений присутствует практически во всех САПР, использующих трехмерное твердотельное параметрическое моделирование. Обычно такой тип параметрического моделирования сочетается с вариационной и/или геометрической параметризацией.

Вариационная (размерная)

Геометрическая модель с вариационной параметризацией



Вариационная, или размерная, параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Процесс создания параметрической модели с использованием вариационной параметризации выглядит следующим образом. На первом этапе создается эскиз (профиль) для трехмерной операции. На эскиз накладываются необходимые параметрические связи.

Затем эскиз «образмеривается». Уточняются отдельные размеры профиля. На этом этапе отдельные размеры можно обозначить как переменные (например, присвоить имя Length) и задать

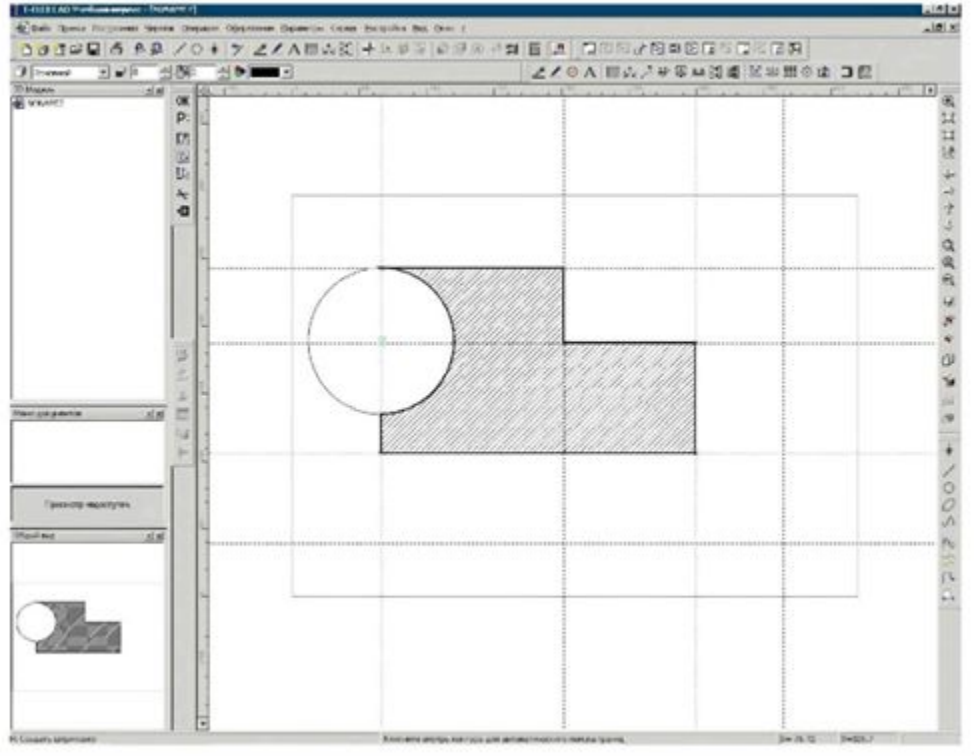
Затем производится трехмерная операция (например, выдавливание) и размер вводится в формулы (например, $Length/2$).

В случае необходимости создания сборки взаимное положение компонентов сборки задается путем указания сопряжений между ними (совпадение, параллельность или перпендикулярность граней и ребер, расположение объектов на расстоянии или под углом друг к другу и т. п.).

Вариационная параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или величину параметров операций, что позволяет удобно модифицировать трехмерную модель.

Геометрическая параметризация

Геометрическая параметризация основного контура с использованием направляющих



Геометрической параметризацией называется параметрическое моделирование, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных.

Параметрическая модель в случае геометрической параметризации состоит из элементов построения и элементов изображения. Элементы построения (конструкторские или вспомогательные линии) задают параметрические связи. К элементам изображения относятся линии изображения (которыми обводятся конструкторские линии), а также элементы оформления (размеры, надписи, штриховки и т. п.).

Одни элементы построения могут зависеть от других элементов построения. Элементы построения могут содержать и параметры (например, радиус окружности или угол наклона прямой). При изменении одного из элементов модели все зависящие от него элементы перестраиваются в соответствии со своими параметрами и способами их задания.

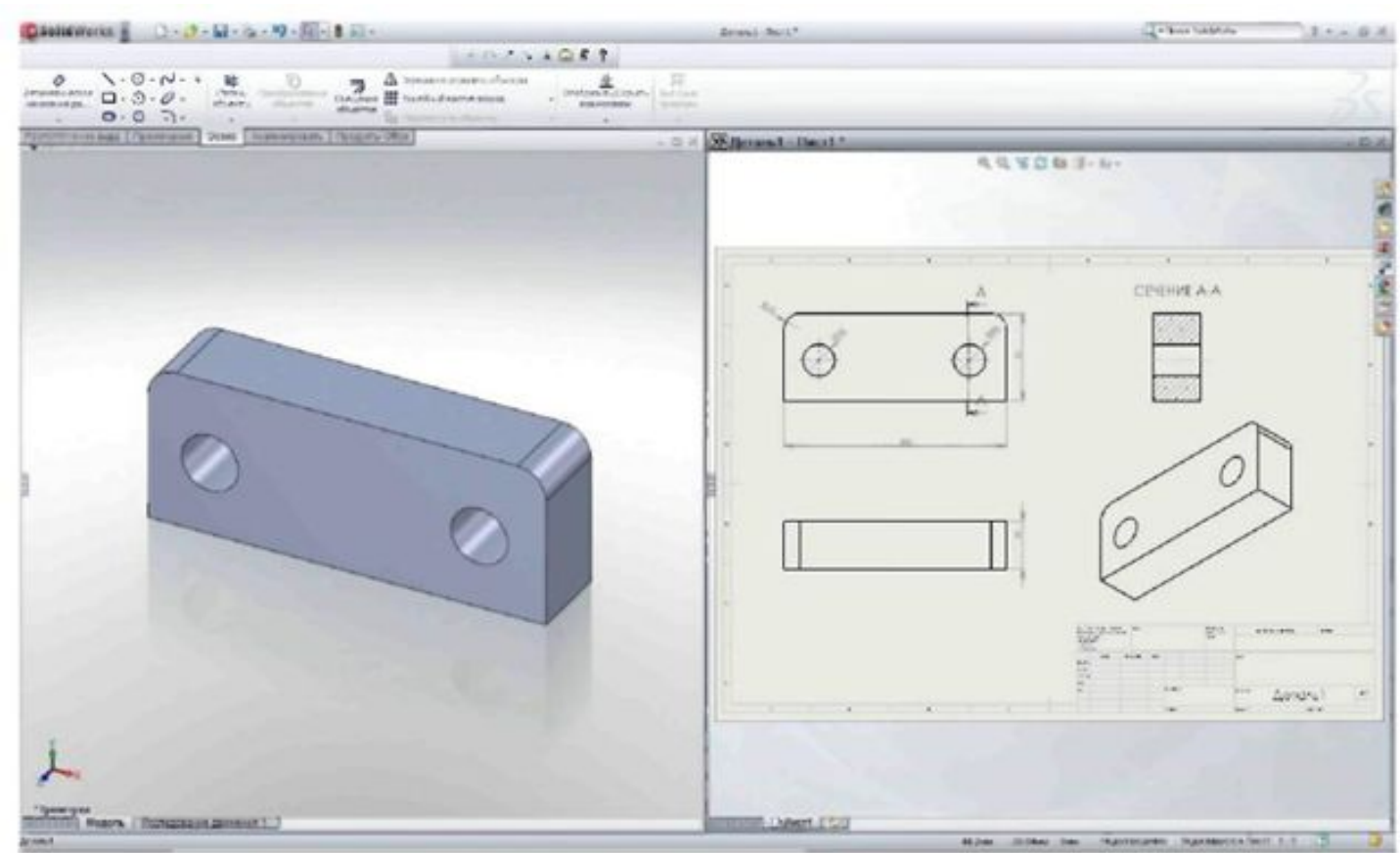
Процесс создания параметрической модели методом геометрической параметризации выглядит следующим образом:

- 1) На первом этапе конструктор задает геометрию профиля конструкторскими линиями, отмечает ключевые точки.
- 2) Затем проставляет размеры между конструкторскими линиями. На этом этапе можно задать зависимость размеров друг от друга.
- 3) Затем обводит конструкторские линии линиями изображения - получается профиль, с которым можно осуществлять различные трехмерные операции.

Ассоциативное

конструирование

Конструкторский чертеж, ассоциативно связанный с геометрической моделью

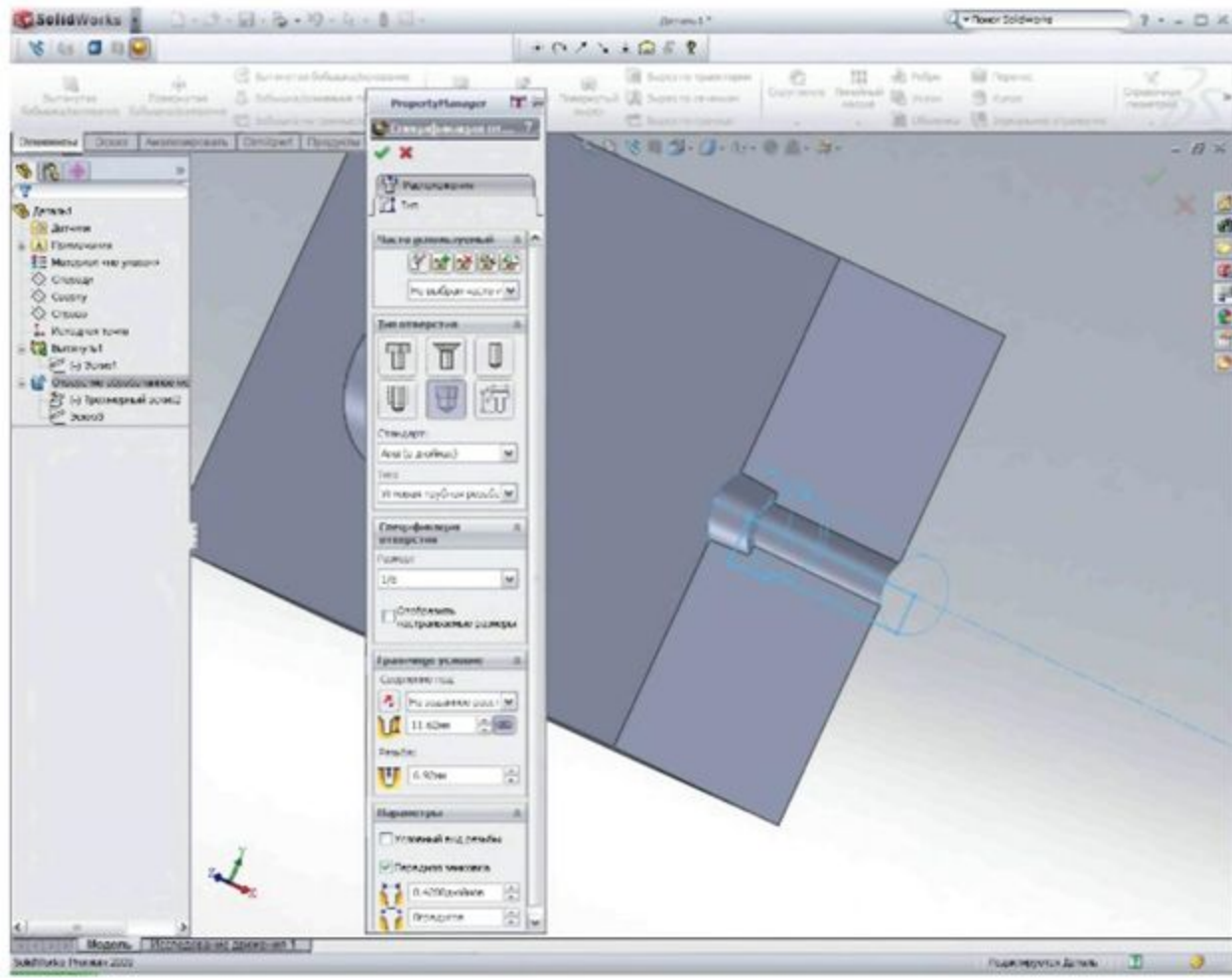


Ассоциативное конструирование (Associative Design) - это обобщающее название технологии параметрического конструирования, обеспечивающей единую, в том числе и двустороннюю, информационную взаимосвязь между геометрической моделью, расчетными моделями, программами для изготовления изделия на станках с ЧПУ, конструкторской документацией, базой данных проекта.

Использование технологии ассоциативного конструирования позволяет, при необходимости, изменять форму модели и получать автоматически перестроенные чертежи или траектории инструмента для обработки на станках с ЧПУ.

Объектно-ориентированное

Конструирование отверстия как специального объекта построения



Объектно-ориентированное конструирование (Feature-Based Modeling) основано на том, что конструктивные элементы геометрии (features) представляют собой объекты с predetermined поведением и структурой данных. Это один из подходов ассоциативного конструирования, с помощью которого определяется поведение геометрической формы при дальнейших изменениях.

Этот подход реализован на основе определенного набора правил и атрибутов, задаваемых при выполнении базовой операции, в дополнение к уже заданным связям и ассоциативной геометрии. Базовые операции являются высокоэффективным инструментом для создания геометрической модели конструкции, инженерного анализа или изготовления.

Объектно-ориентированное моделирование предоставляет в распоряжение пользователя макروفункции, ранее определенные как последовательность действий, использующих булевы операции. Например, сквозное отверстие может быть представлено как булева операция вычитания и цилиндр

достаточной длины, большей, чем текущая толщина детали. Но если модель станет толще, то цилиндр уже не будет обладать достаточной длиной и отверстие превратится в «слепое». Однако под сквозным отверстием понимается дополнительное правило, которое определяет сквозной проход в указанном месте через тело модели, независимо от того, изменилась форма модели или нет.