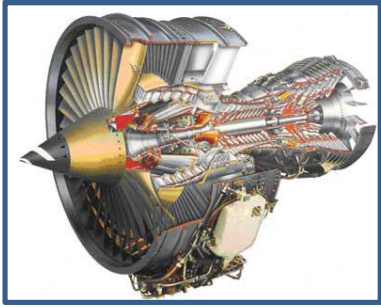


Обучающая методика
виртуального моделирования
элементов двигателя на базе
многодисциплинарных моделей

Лекция 2.

Объёмное моделирование



Преимущества 3D-моделирования

Главным из преимуществ является расширение набора решаемых задач, которое достигается за счет гармоничного объединения различных функций и инструментов. Можно выделить следующие основные достоинства:

Интерактивность означает, что машина отслеживает попытки инженера внести изменения в конструкцию, будь то 2D или 3D-моделирование.

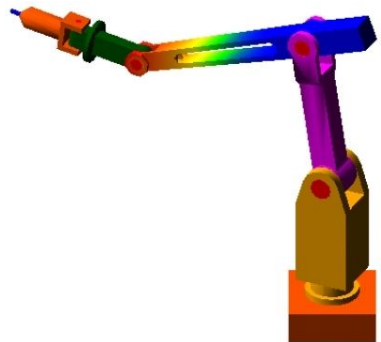
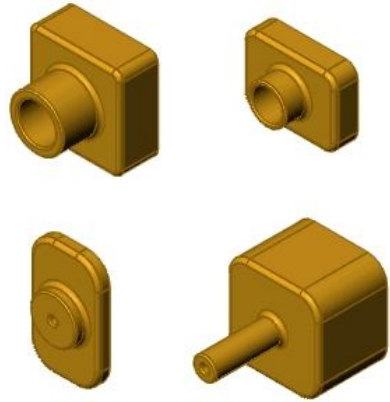
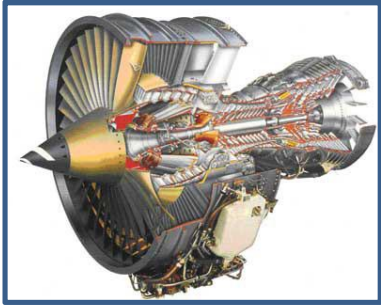
-современные пакеты оснащены целой системой всплывающих окон, интерактивных подсказок.

-программа предлагает выбирать несколько вариантов применения изменений. Разрешается предварительно просмотреть, как будет выглядеть принятая модификация.

-существует возможность отмены нескольких предыдущих действий.



Информативность означает, что каждая модель способна очень многое рассказать о конструкции изделия. Возможность вращать модели, увеличивать или уменьшать их, делать произвольные разрезы и сечения, просматривать информацию о массово-инерционных характеристиках, видеть зазоры между деталями в сборке и так далее – все это позволяет в одном файле хранить многие существенные свойства модели.



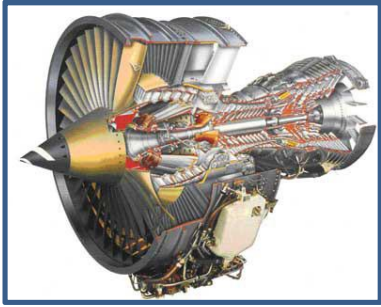
Преимущества 3D-моделирования

Возможность **параметризации** означает, что можно создавать базы, хранящие в себе все стандартные или широко использующиеся элементы, для которых пользователи могут задавать свои размеры. Пользователи могут и сами параметризовать свои модели, что позволяет изменением нескольких значений мгновенно преобразовать конструкцию изделия.

Легкость передачи означает, что раз созданная модель может легко передаваться из одной программы или с одной машины на другую, невзирая на различные операционные системы или расстояния. Свойство это тесно связано с **универсальностью**, которая означает способность использовать модель для различных целей.

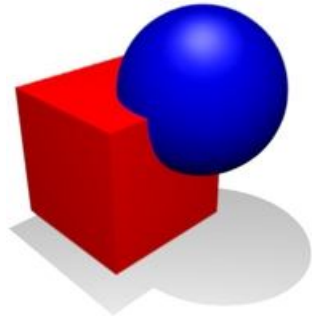
Конечно, совершенно универсальных форматов не существует, но в целом универсальность 3D-моделей во много раз выше цифровых 2D-аналогов, не говоря уже о бумажном варианте.

Сюда же можно отнести такие свойства, как **эргономичность работы, длительное время хранения, легкость дублирования, наглядность** и многие другие.

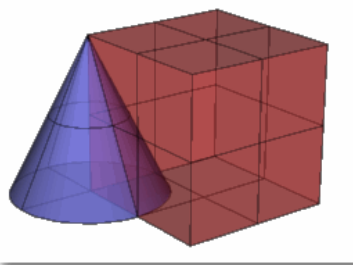


Подробнее о методах создания 3D-моделей

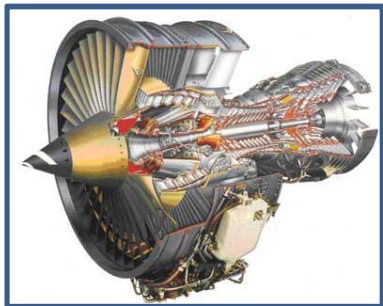
Метод объемных примитивов. К использующим его программам относятся, например, **ADAMS** и **ADEM**. В этих пакетах имеется большой набор объемных примитивов: сферы, конусы, параллелепипеды, торы и так далее.



Создавая модель, вы должны расположить их в определенном порядке, а затем с помощью булевых операций (сложения, вычитания, вырезания и других) создать деталь нужной геометрии. Новая геометрия называется **сложной**.



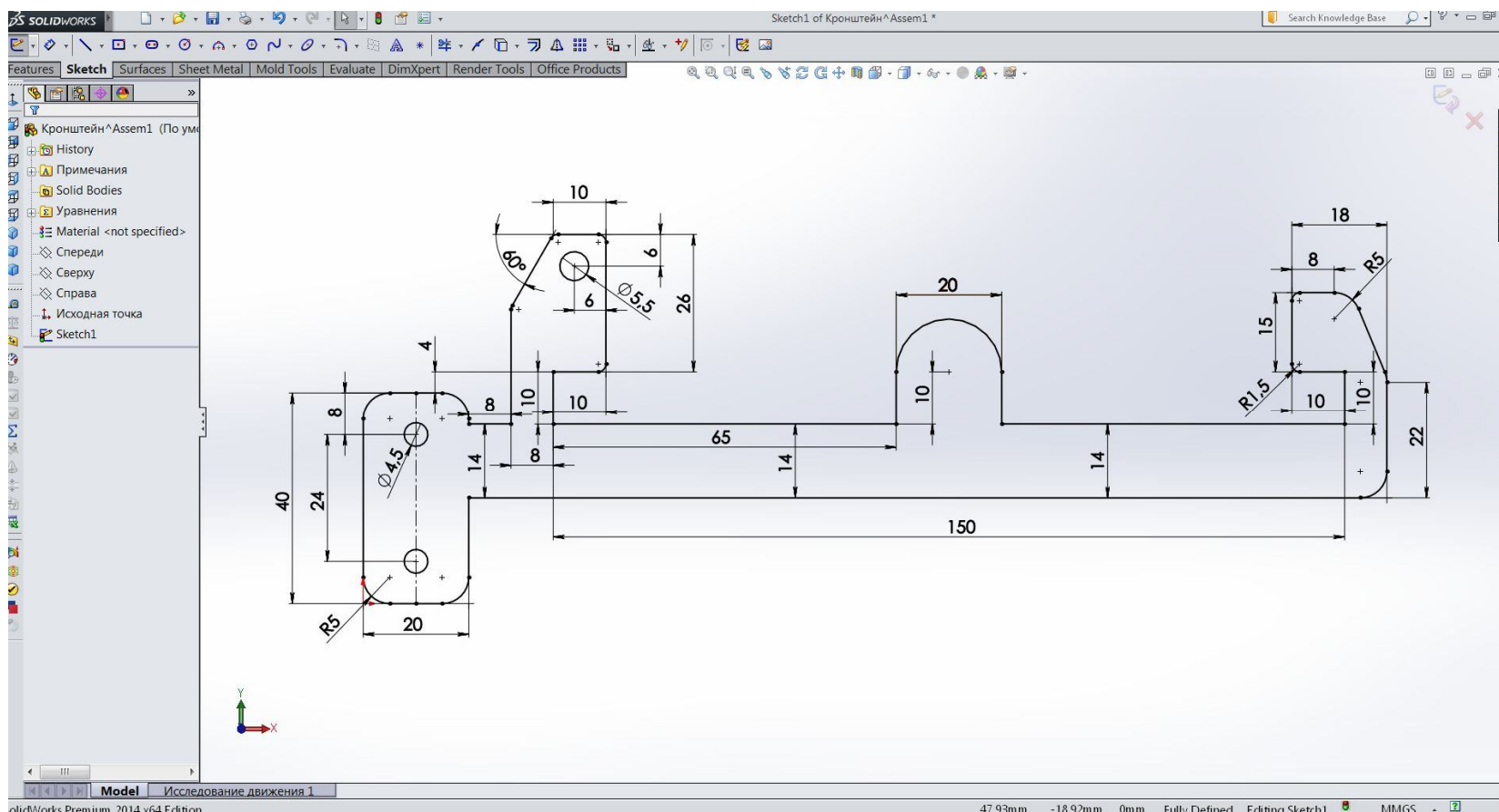
Булевы операции действуют только для примитивов. Примитив можно присоединить к сложной геометрии, а вот соединить сложные геометрии уже нельзя. Необходимо заранее разметить порядок соединения примитивов. Другой недостаток метода - проблема подбора примитивов для создания геометрий сложной формы, например пера лопатки. Из-за этих недостатков метод сегодня играет второстепенную роль. В пакете **ADAMS** он сохранился, так как здесь CAD-модуль играет вспомогательную роль.

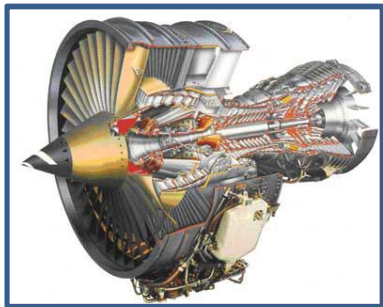


Подробнее о методах создания 3D-моделей

Программы с эскизным методом построения. К ним относятся **SolidWorks**, **SolidEdge**, **КОМПАС-3D** и большинство других современных программ. Данный метод не использует объемных примитивов.

Вместо этого он применяет *эскизы* и *операции над эскизами*. Некоторые 3D-пакеты не имеют 2D-модулей, но все они способны создавать эскизы.





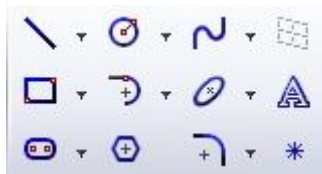
Подробнее о методах создания 3D-моделей

Эскиз здесь – это некий плоский замкнутый контур, оснащенный всеми необходимыми размерами.

Основное назначение эскиза – служить основой для 3D-геометрии, поэтому эскизы не имеют штриховки, знаков шероховатостей и т. п.

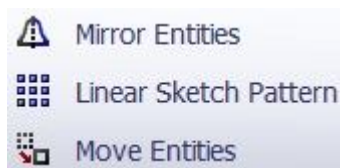
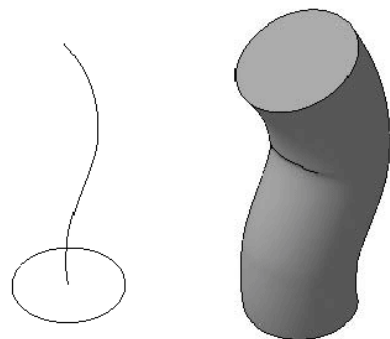
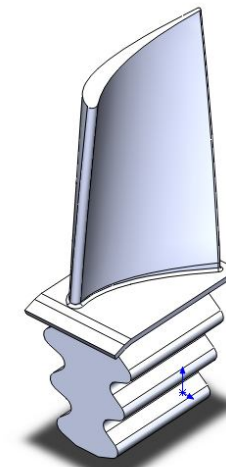
Для того чтобы эскиз мог стать объемной геометрией, с ним нужно выполнить одну из следующих операций:

- вытянуть вдоль направляющей;
- повернуть вокруг оси.

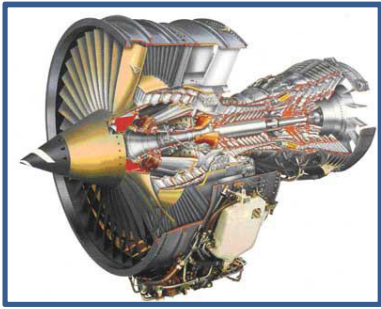


В зависимости от направления и требуемых свойств эти операции выполняют разные инструменты:

- вытянуть в объем вдоль линии;
- вытянуть в отверстие вдоль линии;
- повернуть в объем/отверстие;
- вытянуть вдоль сплайна;
- повернуть на сектор;
- создать тонкостенный элемент.

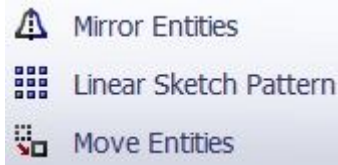


И другие, более сложные. Так, например, возможно построение одного тела по нескольким эскизам (перо лопатки по сечениям).

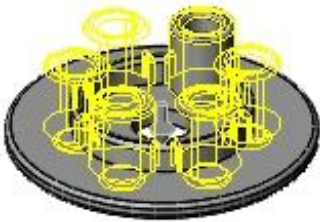


Подробнее о методах создания 3D-моделей

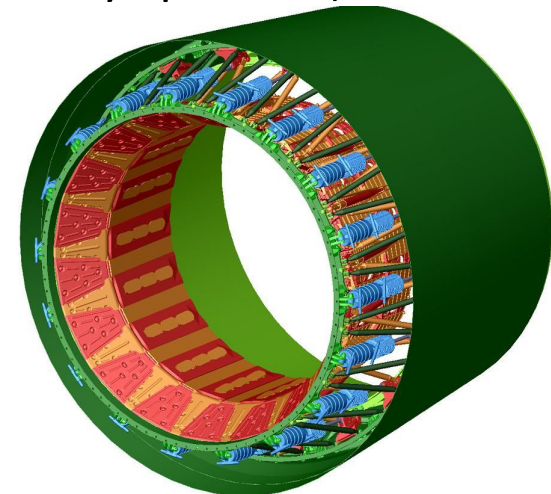
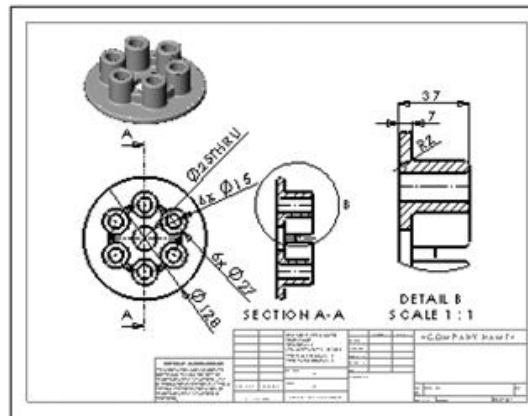
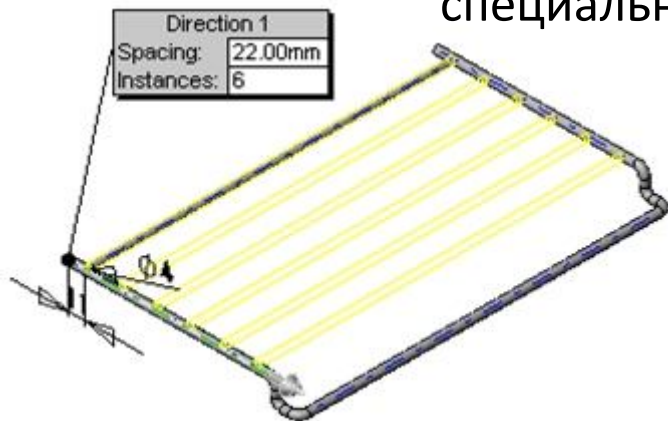
Возможно создание трехмерных эскизов. Кроме того, с самими эскизами (и получившейся на их основе геометрией) можно выполнять множество дополнительных операций:

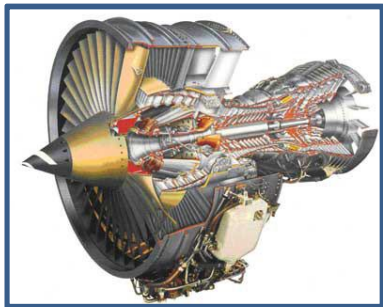


- копирования (массивами вдоль линий или вокруг осей);
 - зеркального отражения;
 - перемещения;
 - масштабирования;
- и так далее.



Создание из подобных объемов единой детали происходит потому, что при перекрытии тел их геометрии сливаются. Как правило, новые эскизы рисуются на плоских гранях существующего тела, однако могут размещаться и на специально созданных плоскостях.

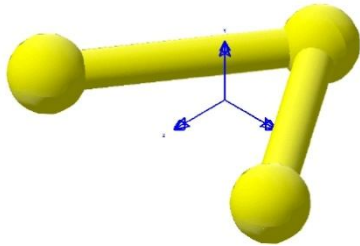




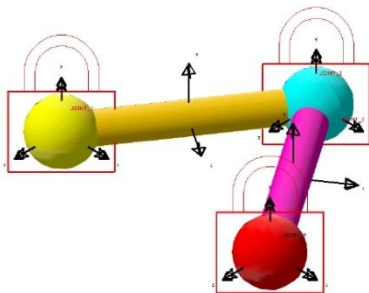
Подробнее о методах создания 3D-моделей

Для любого пакета наложение геометрии может происходить следующим образом:

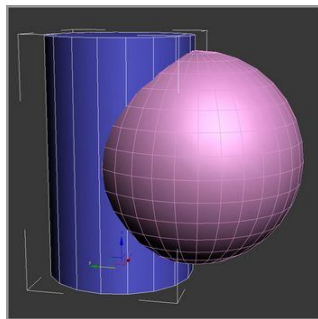
Слияние. В этом случае первое тело (базовое) сохраняет всю свою геометрию, а второе тело (присоединяемое) сохраняет только ту часть, которая лежит за пределами геометрии базового тела. Тела сливаются воедино. У них появляется общий центр масс, моменты инерции и масса.



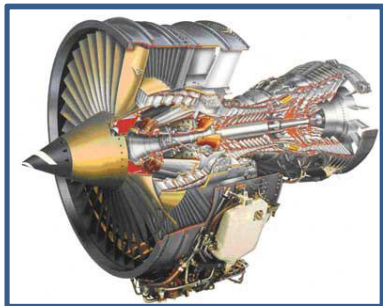
Наложение. В этом случае тела соединяются внешней связью, но сохраняют каждое свои свойства: центр масс, текстуру, форму, моменты инерции, массу, название и другие.



«Склеивание». В этом случае тела сохраняют свою форму, массу, центры масс и моменты инерции. Однако их текстура и название становится общим. С этого момента они движутся как одно тело.



По созданной 3D-геометрии возможно автоматизированное создание разрезов в любых плоскостях.



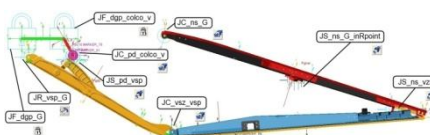
Подробнее о методах создания 3D-моделей

Для различных задач может потребоваться различная детализация модели:

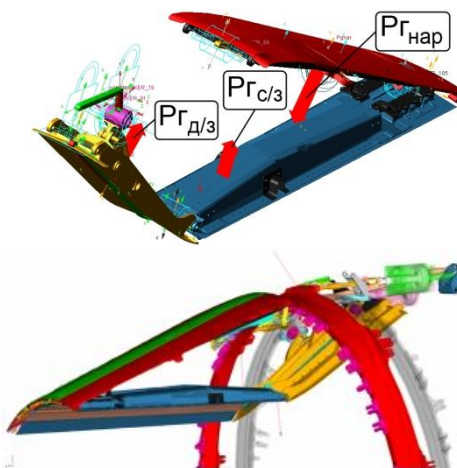
1 Принципиальные – это модели, отражающие самую суть изделия. Они очень обобщенные, чаще всего стержневые.



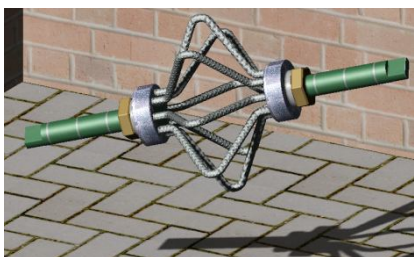
2 Общие – это модели, которые используются для презентаций, изучения и передачи в САЕ-пакеты для кинематического, динамического и прочностного расчетов. Они имеют некоторые упрощения.

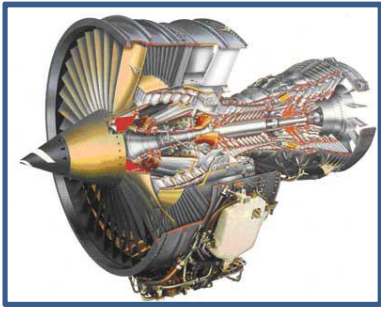


3 Детальные – модели, которые используются для передачи на производство (в том числе и для построения рабочих чертежей). Самые подробные модели. Очень часто в них закладывают информацию о допусках, посадках, шероховатостях поверхностей и т.п.



4 Специальные – модели для конкретной цели, например, расчета шума или подвески двигателя. В них детализируется только требуемый аспект, прочие же упрощаются.



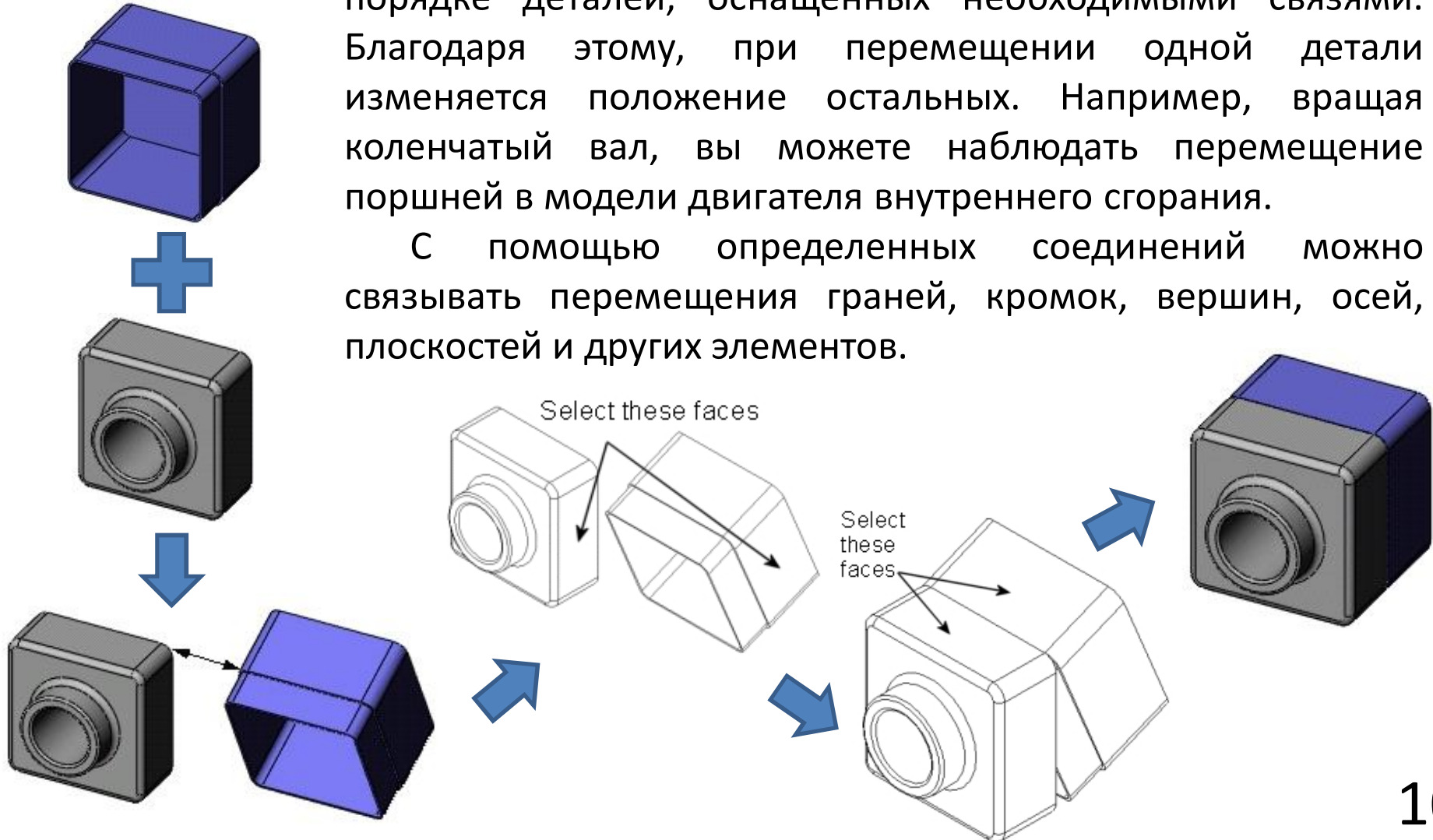


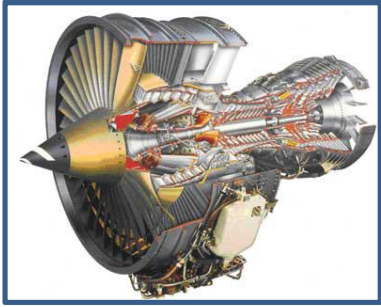
Подробнее о методах создания 3D-моделей

Ранее упоминалось, что 3D-пакеты позволяют создавать сборки.

Сборка состоит из расположенных в определенном порядке деталей, оснащенных необходимыми связями. Благодаря этому, при перемещении одной детали изменяется положение остальных. Например, вращая коленчатый вал, вы можете наблюдать перемещение поршней в модели двигателя внутреннего сгорания.

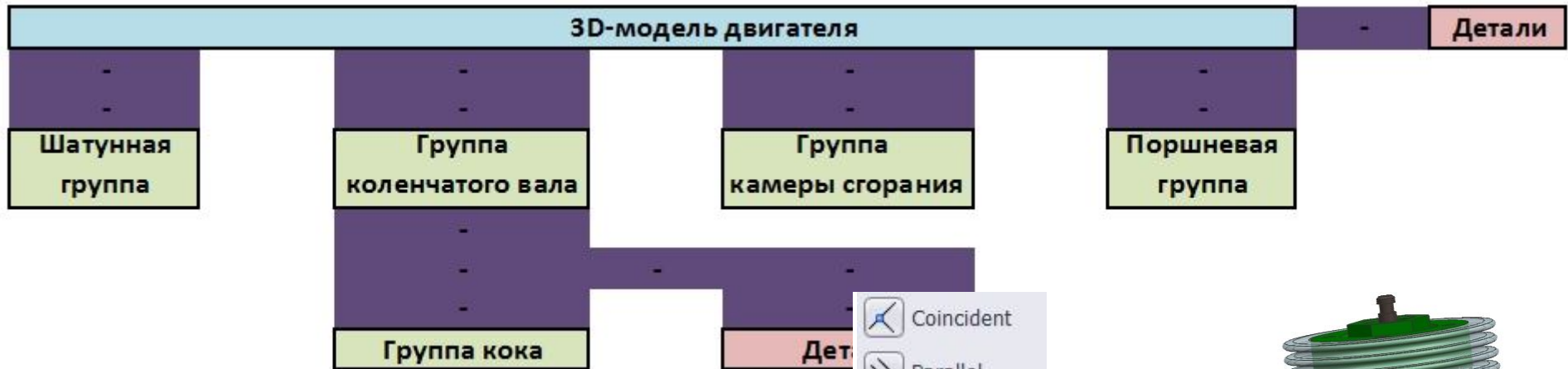
С помощью определенных соединений можно связывать перемещения граней, кромок, вершин, осей, плоскостей и других элементов.



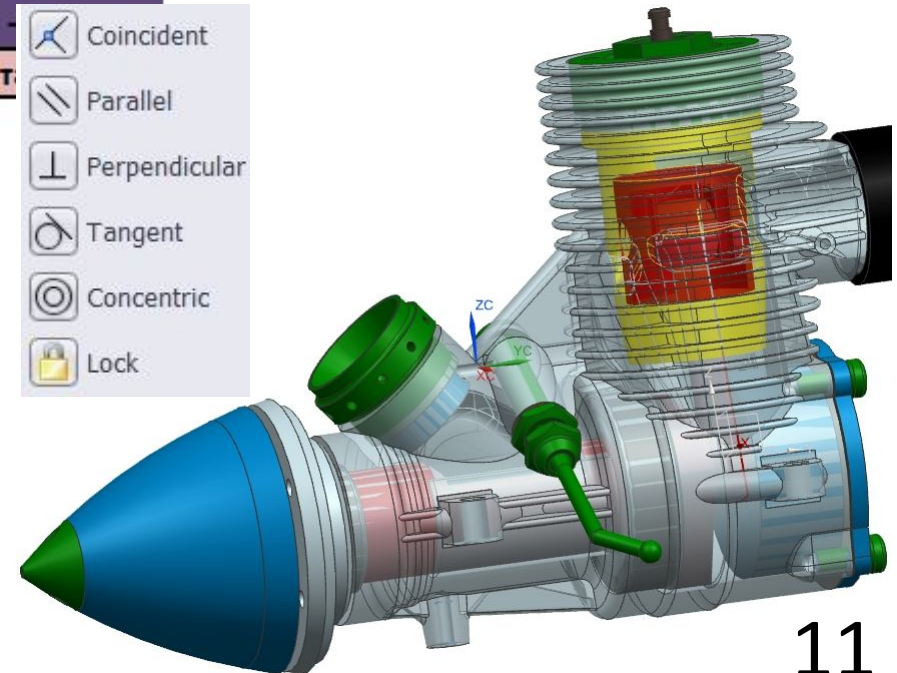


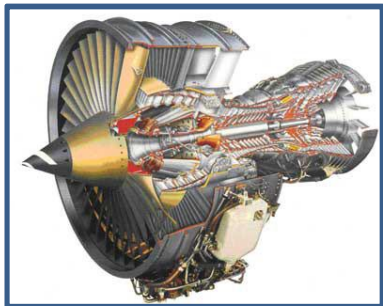
Подробнее о методах создания 3D-моделей

К самым распространенным связям относятся: совпадение, параллельность, перпендикулярность, касательность, концентричность, соосность. Для специальных задач используются особые типы связей.



Созданные детали легко добавляются в сборку. Как правило, файл сборки создается отдельно от файлов деталей, но после создания они оказываются связаны: при любом изменении детали автоматически перестраиваются сборки всех уровней, в которых она участвовала.



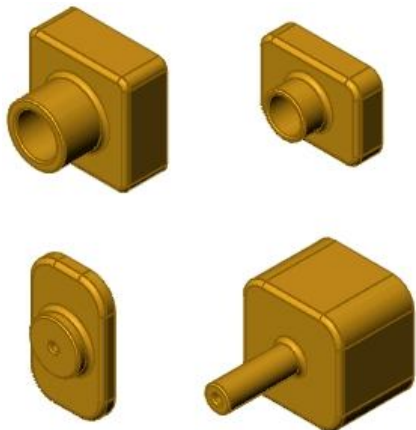


Параметризация в 3D-моделировании

Кроме доступных и для 2D-модели, в объемных геометриях возможна **параметризация**:

- отдельно эскизов и операций над эскизами, а также действий, например, копирования массива;

- положения деталей в сборке. Иногда допускается создание единого комплекса параметров для сборки, включающего в себя параметры отдельных деталей.



Можно выделить три уровня глубины параметризации:

1. Когда для каждого уникального параметра в модели задаётся отдельная переменная, после чего они сводятся в таблицу параметров.

Данный метод даёт наименьший выигрыш по сравнению с непараметризированной моделью. Это происходит лишь за счёт централизованного изменения параметров. Но при необходимости изменения модели все параметры должны быть предварительно рассчитаны и по отдельности изменены.

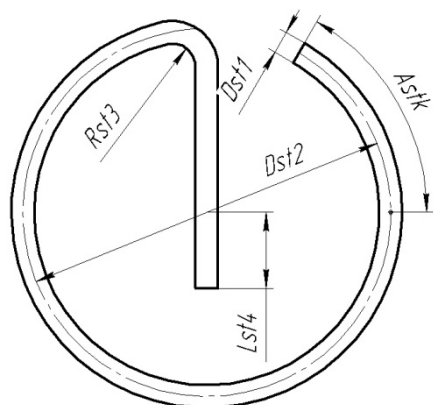
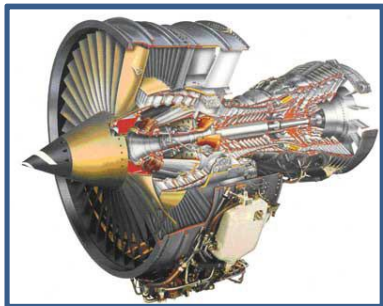


Схема
параметризации
стопорного кольца

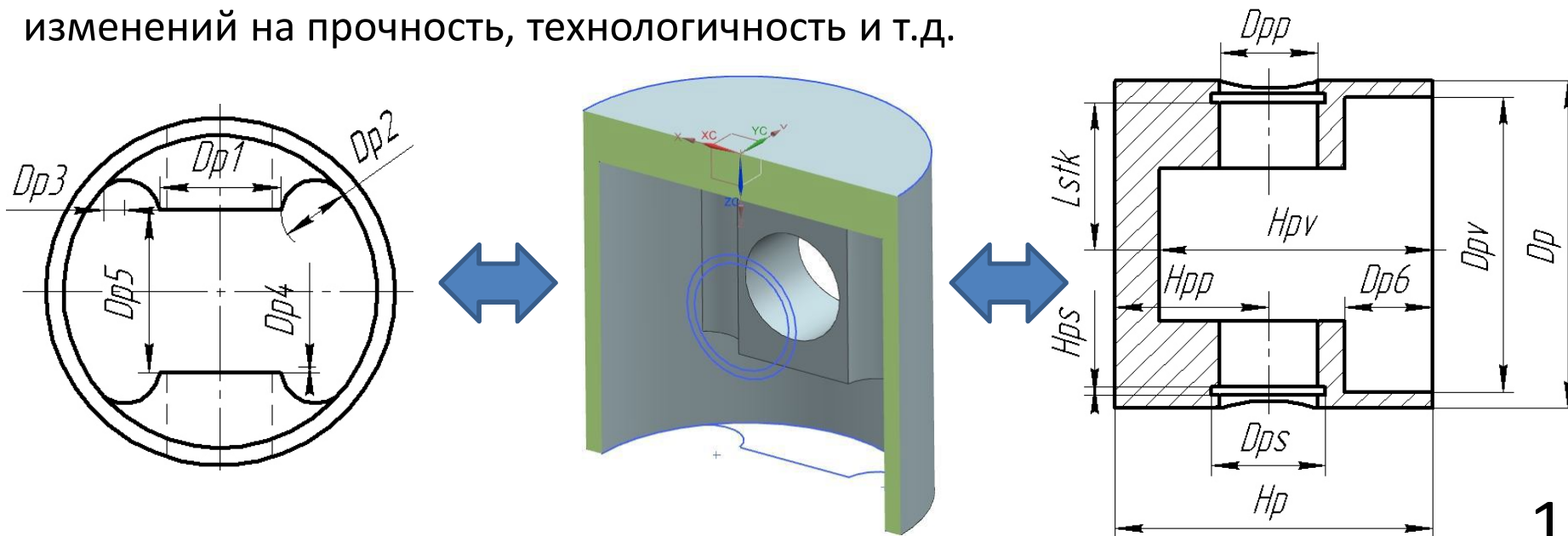


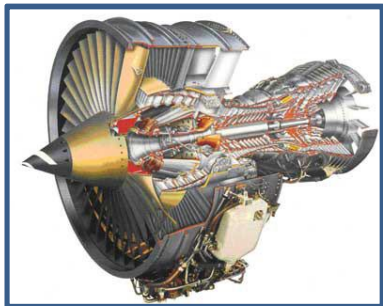
Параметризация в 3D-моделировании

2. Когда выделяются независимые (главные) и зависимые (вспомогательные) параметры. Значения зависимых параметров вычисляется:

- по выражениям, заданным на этапе параметризации
- или на основе заданных геометрических ограничений (свободные размеры).

Чем меньше независимых параметров, тем сложнее параметризация из-за необходимости определять функциональные связи между параметрами. Для этого могут потребоваться глубокие знания процессов (физических, химических и т.д.), происходящих в двигателе, необходимость учёта влияния изменений на прочность, технологичность и т.д.





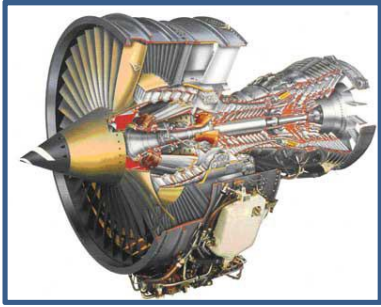
Параметризация в 3D-моделировании

3. Когда целевыми функциями являются интегральные характеристики двигателя: мощность, крутящий момент, расход топлива, масса. Здесь мы выходим за рамки геометрической параметризации. Для двигателя в целом такая параметризация может быть осуществлена лишь частично. Для этого используется комплекс моделей в рамках концепции "виртуального двигателя" в силу необходимости совмещения в одной модели всех процессов, происходящих в двигателе.

Таким образом, в параметрической модели должны быть выбраны зависимые и независимые переменные, а также должна присутствовать взаимосвязь размеров деталей, входящих в одну сборку.

Сначала необходимо составить схему с обозначениями и таблицу параметров, достаточных для описания всех размеров деталей. Затем выделить в таблице независимые переменные, а для зависимых переменных указать выражения, которыми они связаны с независимыми переменными.

Имя	Что это?
D_p	Диаметр поршня
H_p	Высота поршня
D_{pv}	Внутренний диаметр поршня
H_{pv}	Высота внутренней части поршня
...	...



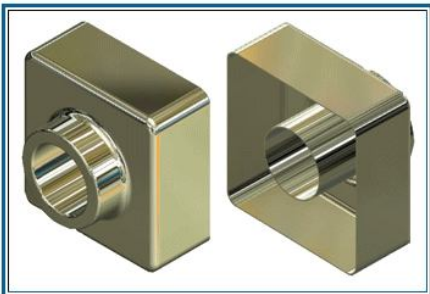
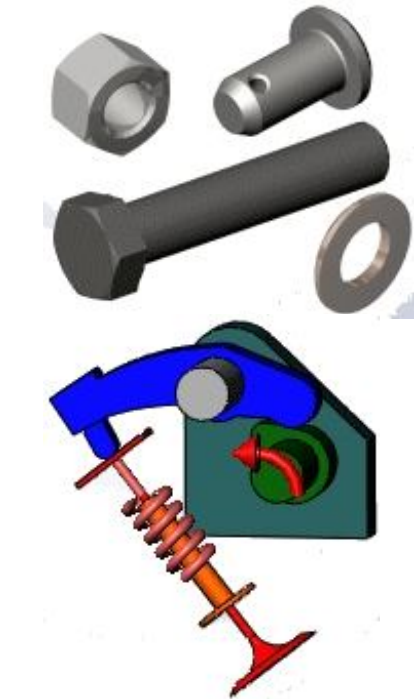
Параметризация в 3D-моделировании

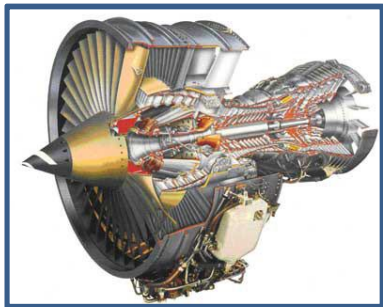
Для серии похожих деталей часто используют масштабную параметризацию, когда изменением масштабного фактора можно уменьшать или увеличивать детали в сборке в одинаковой пропорции. Точно так же созданы базы стандартных деталей.

Задав плотность материала детали (либо сам материал из списка) можно определить массу детали. При этом автоматически вычисляются положение центра масс и моменты инерции отдельной детали и сборки. Данная информация может быть сохранена в модели для последующих расчетов.

Основными преимуществами 3D-моделирования перед 2D- являются: большая информативность, наглядность, удобство компоновки. Для объемной модели возможно создание фотореалистичных изображений и анимации.

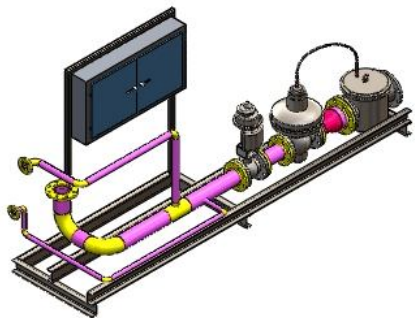
Фотореалистичное изображение показывает, как будет выглядеть деталь после производства. **Анимация** показывает работу механизма, что очень важно для задания условий последующих расчетов.





Параметризация в 3D-моделировании

Иногда требуется создать модель реально существующего двигателя, например, для изучения возможности его модернизации. В данном случае очень важно обеспечить собираемость сборки. Поскольку детали выполнены с допусками и могли деформироваться в процессе работы, созданные по размерам детали могут не соответствовать друг другу.



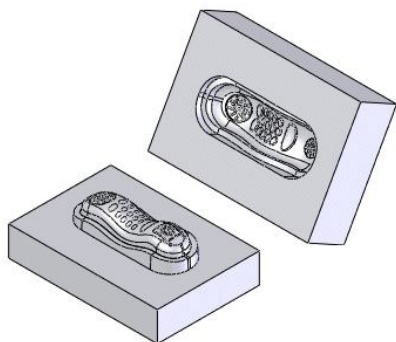
Особенно это важно для ряда линейно расположенных элементов, например, деталей на валу двигателя. Поэтому перед созданием деталей следует составить размерную цепь и убедиться, что тела впишутся в заданный объем.



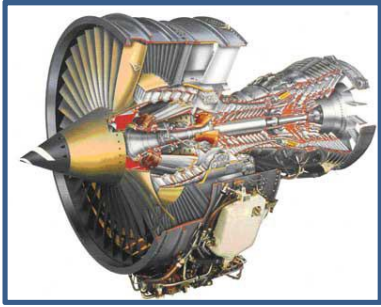
Starting model - courtesy of
Marcelo Nicosia
Isometrix Design, Inc.

Немаловажно, что только 3D-модель может быть передана в САЕ-пакеты для проведения кинематических, динамических, прочностных и прочих видов расчетов.

Поэтому на базе объемной геометрии формируются методы полностью автоматизированных алгоритмов проектирования, создающих непрерывную цепочку от первоначальной идеи конструктора до утилизации отслужившего изделия.



Core and Cavity



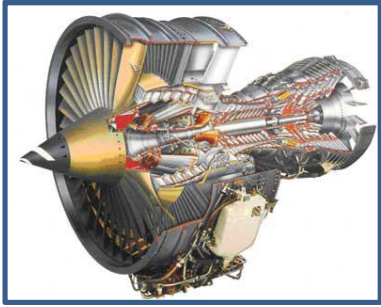
К нейтральным форматам можно отнести:
*.igs,
*.step,
*.x_t и .x_b
(Parasolid),
*.dwg, *.drw
и другие.

Сохранение и передача 3D-моделей

Все форматы хранения цифровых моделей можно разделить условно на две большие группы:

- **Программные форматы.** Эти форматы используются только одной программой и нигде более не применяются.
- **Нейтральные форматы.** Эти форматы в большинстве своем тоже раньше принадлежали какой-то отдельной программе, которая была или остается стандартом для своей области. Либо они специально создавались для обмена информацией между пакетами. Их основное отличие в способности большинства программ «понимать» скрытую в них информацию с той или иной степенью качества.

Без нейтральных форматов невозможно создание сквозных алгоритмов автоматизированного проектирования, поскольку без них программы не могут «общаться» друг с другом. Нейтральные форматы также можно разделить на группы: универсальные или специальные, для передачи геометрии или результатов расчета, полные или компактные и так далее.



Вопросы для самоконтроля

1. Назовите и дайте краткую характеристику трем основным способам создания 3D-моделей.

2. Сравните способы создания 3D-моделей за счет использования геометрических примитивов и движущихся эскизов. Достоинства и недостатки каждого способа.

3. Что называется движущимся эскизом? Его основные свойства.

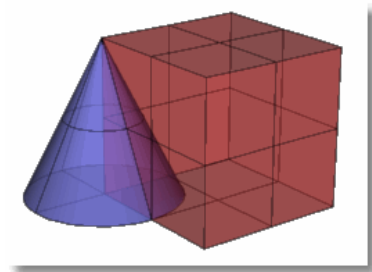
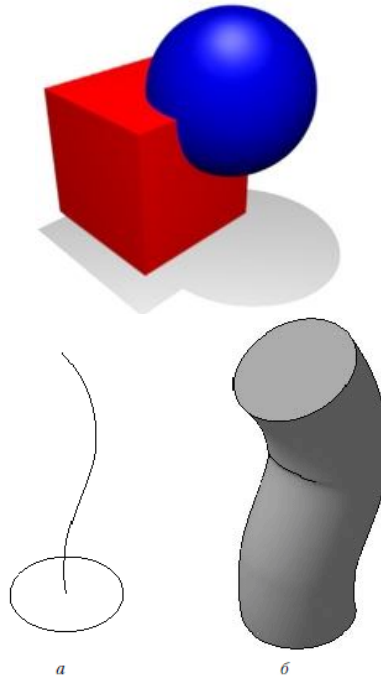
4. Что называется объемной моделью детали? Ее основные свойства.

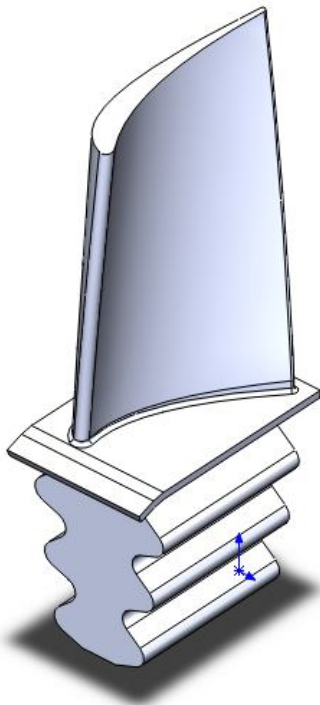
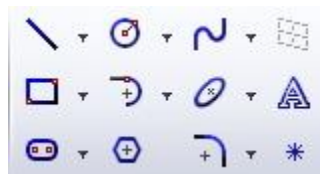
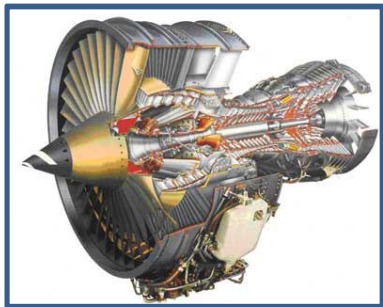
5. Что называется сборкой? Что в нее входит, основные свойства.

6. Дайте краткую характеристику основных элементов, которые могут быть использованы при создании движущегося эскиза.

7. Дайте краткую характеристику основных операций, применяемых при создании 3D-модели детали из движущегося эскиза.

8. Дайте краткую характеристику основных связей, применяемых при создании сборки из 3D-моделей деталей.





Вопросы для самоконтроля

9. Визуальные свойства 3D-модели детали (цвет, текстура, точность отображения, прозрачность, тени и т.д.).
10. Физические свойства 3D-модели детали (объем, плотность, масса, положения центра масс, моменты инерции и т.д.).
11. Использование массивов элементов для упрощения проектирования. Особенности применения в движущихся эскизах, деталях и сборках.
12. Создание и запись анимации движения спроектированных механизмов.
13. Создание фотореалистичных моделей механизмов.
14. Создание элементов по сечениям и траекториям. Преимущества и недостатки. Области применения.
15. Элементы не использующие движущиеся эскизы (скругления, фаски, уклоны и т.д.).
16. Области применения и преимущества объемного моделирования.
17. История развития принципов объемного моделирования.