

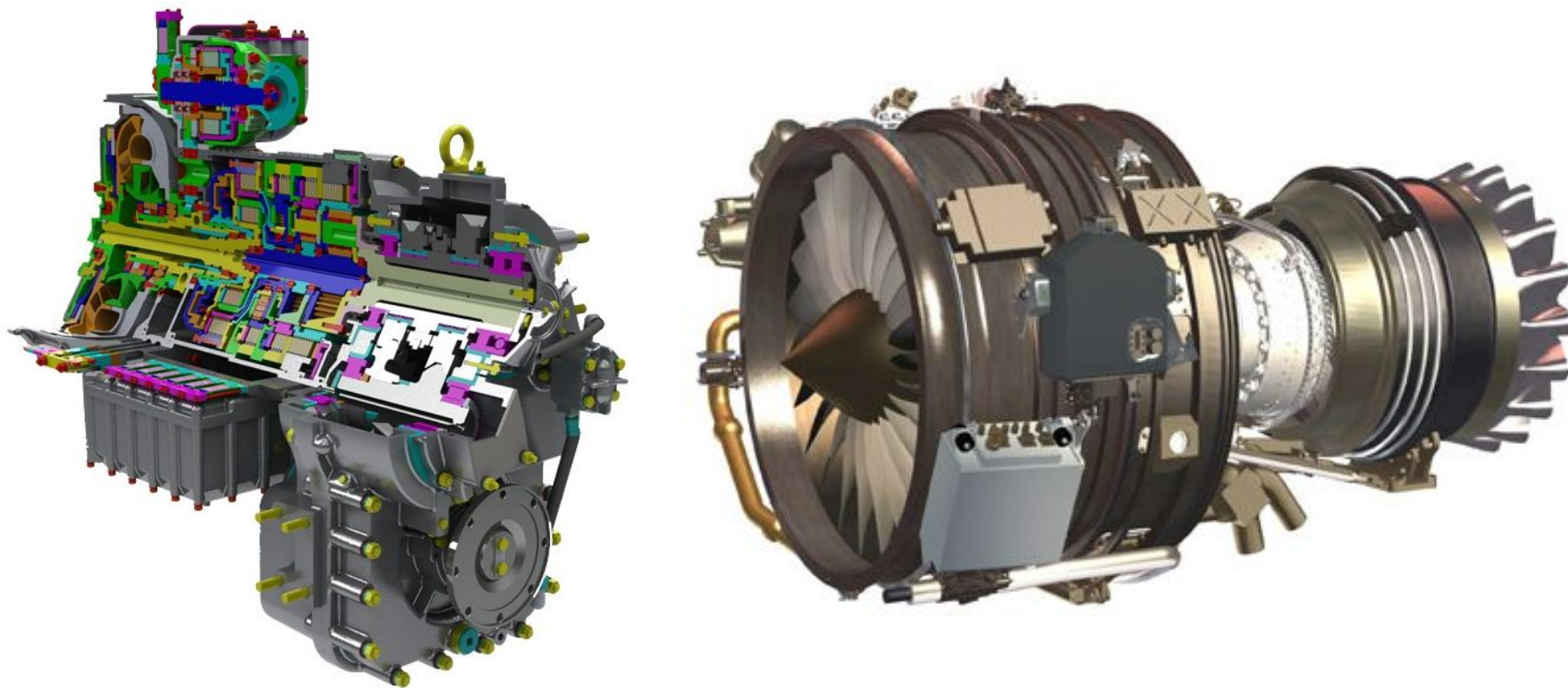
№ лекции	Темы лекционных занятий
1	Методы и технологии конструирования изделий.
2	Основы геометрического моделирования деталей.
3	Поверхностное моделирование объектов.
4	Твёрдотельное моделирование объектов.
5	Моделирование объёмных сборок.
6	Инженерный анализ методом конечных элементов.
7	Методы и технологии прототипирования
8	Операционные технологические процессы для обработки на станке с ЧПУ.
9	Особенности 5-координатной обработки.

# ***Моделирование объёмных сборок***

- Понятие модели сборки*
- Возможности технологий компьютерного моделирования объёмных сборок*
- Базовые функции моделирования объёмных сборок*
- Организация процессов разработки сложных технических объектов.*

# 5 Геометрическое моделирование объёмных сборок

**Компьютерная модель сборки** - трехмерная геометрическую модель изделия, объединяющая модели деталей, подборок и стандартных изделий, а также информацию о взаимном положении этих компонентов и зависимостях между параметрами их элементов.



## 5.1 Роль геометрических моделей сборок в современном машиностроении



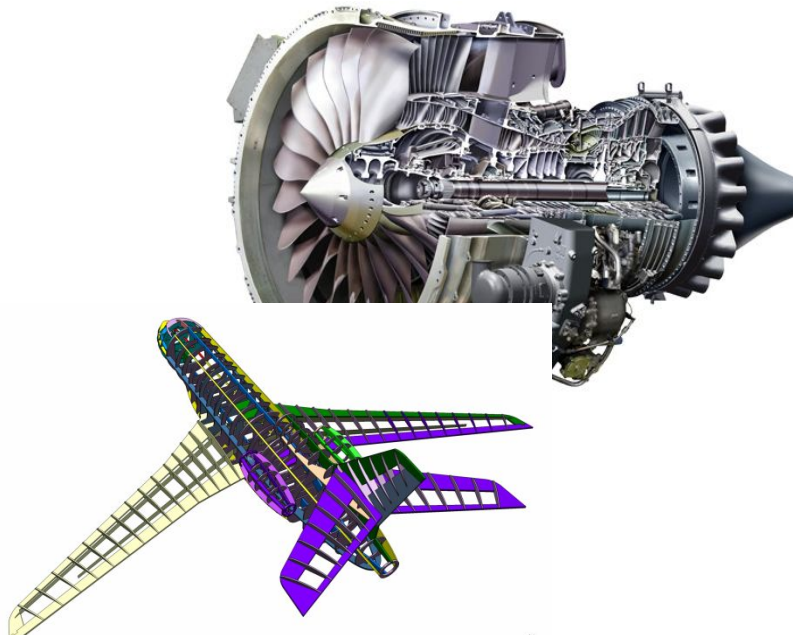
## 5.2 Возможности технологий компьютерного моделирования объёмных сборок

1) Разработка изделий с числом компонентов  $10^4 \dots 10^6$

2) Экономия на стоимости изготовления физического прототипа (*до 500 тыс. долларов за создание модели авиадвигателя, десятки миллионов полномасштабный прототип пассажирского авиалайнера*)

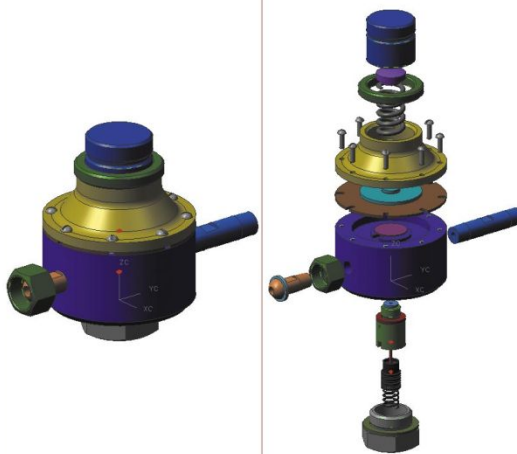
3) Проработка компоновки изделия, проверка согласования габаритных, установочных и присоединительных размеров, расчёт массово-центровочных характеристик и пр.

4) Проверка сопряжений и взаимопересечений деталей сборки, проектирование деталей непосредственно в составе сборки, оптимизация конструкции изделия и технологии сборки.



## 5.2 Возможности технологий компьютерного моделирования объёмных сборок

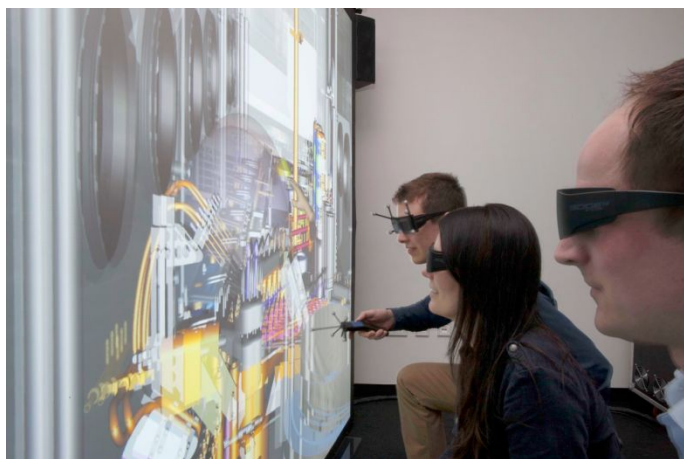
### 5) Реализация технологий разнесения компонент и виртуальной реальности



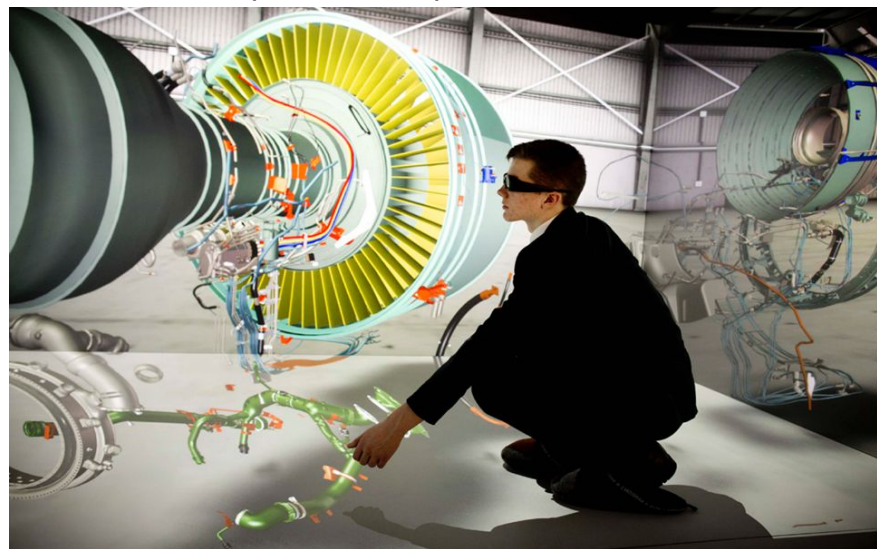
*Разнесение компонент в сборке*



*«Виртуальная фабрика» Ford для моделирования работы сборочных линий*



*Демонстрация технологии виртуальной реальности IC.IDO (Франция)*

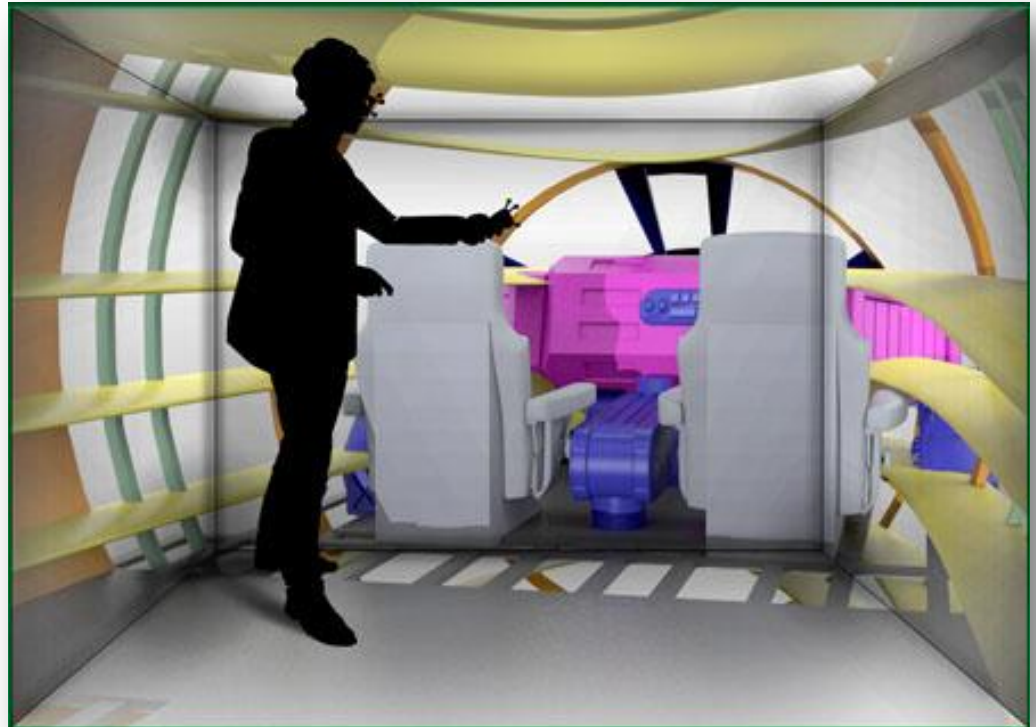


*Демонстрация Центра 3D-решений КРОК (Россия)*

## Система виртуального прототипирования для авиаконструкторского бюро

**ЦЕЛЬ:** Сокращение сроков и стоимости оценки эргономики конечного изделия.

**ЗАДАЧИ:** интегрировать CAVE-систему (Computer-Aided Virtual Environment) с САПР заказчика; визуализация фюзеляжа и кабины самолета в масштабе 1:1.



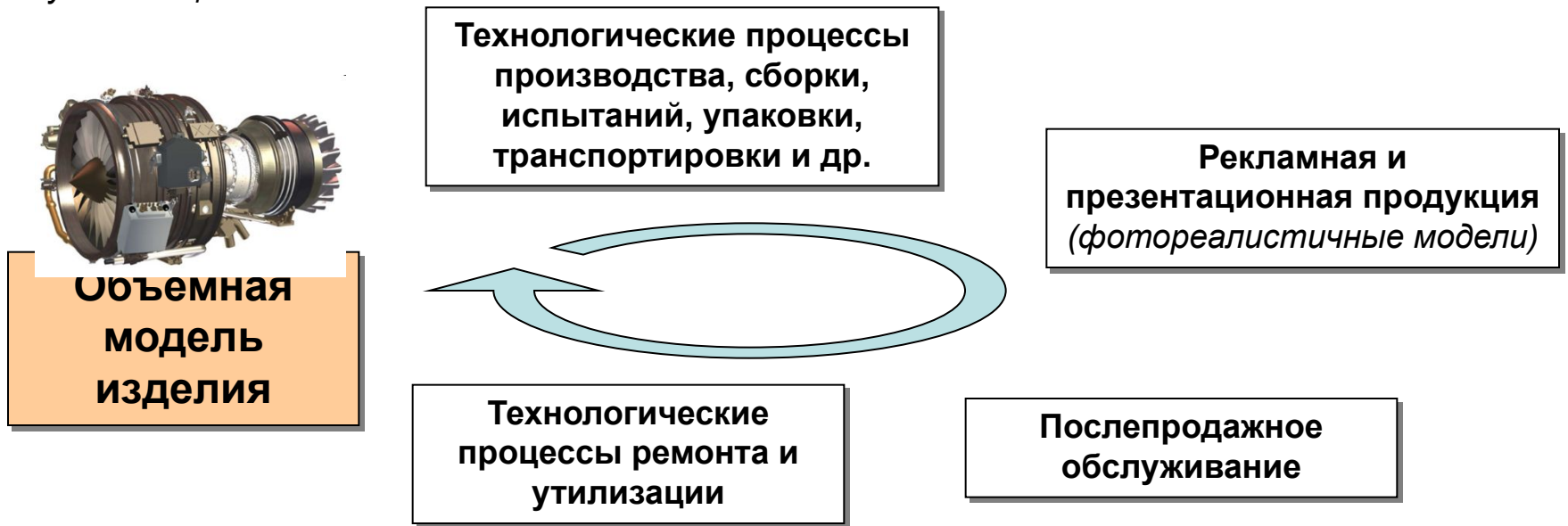
### РЕШЕНИЕ:

В CAVE-системе, интегрированной с рабочим местом инженера-проектировщика, был воссоздан масштабный трехмерный прототип кабины самолета. Наглядное представление проекта в системе виртуального прототипирования позволило инженерам крупного авиаконструкторского бюро протестировать прототип на соответствие всем требованиям.

## 5.2 Возможности технологий компьютерного моделирования объёмных сборок

- 6) Геометрическая модель сборки наглядно определяет структуру изделия, но и содержит дополнительные информационные ресурсы, необходимые на всех этапах жизненного цикла объекта.

*Например, объемная модель изделия может быть использована для разработки упаковки, операций складирования и транспортировки продукции, технологий производства, ремонта и утилизации.*



- 7) Ваши предложения?



## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

### Задачи пользователя:

- 1) Определить **состав и иерархию сборки**, внося в нее новые компоненты или удаляя существующие.
- 2) **Моделировать** детали в составе сборки \*.
- 3) Управлять последовательностью (историей) и параметрами процесса сборки изделия с помощью визуальных инструментов (**навигатор сборки**).
- 4) Выполнить **сопряжения** элементов сборки.
- 5) Проконтролировать **пересечения** компонентов сборки.
- 6) **Параметризировать** сборку.
- 7) Выполнить **разнесение** объектов сборки \*.
- 8) Выполнить моделирование кинематики объектов сборки \*.

\* - при необходимости

## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

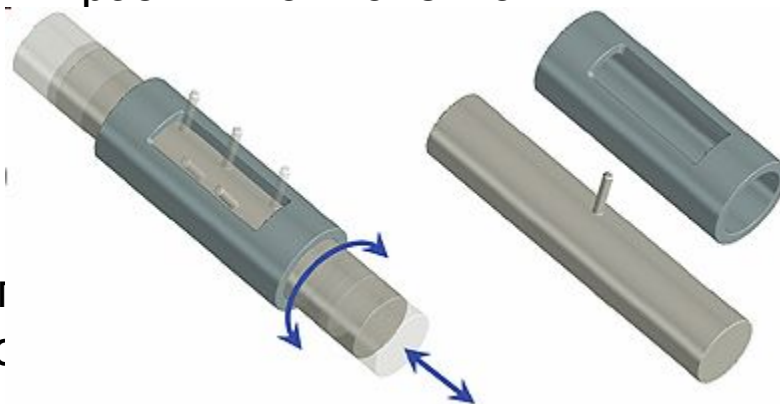
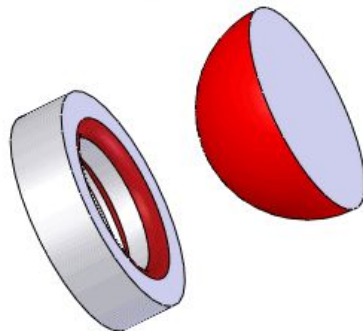
**Сопряжения элементов сборки** - данные о связях компонентов сборки, определяющие точное расположение одной детали относительно других.

Сопряжения делятся на **параметрические связи** и **ограничения**, наложенные на элементы геометрической модели изделия.

**Объекты сопряжений:** грани, ребра, вершины, графические объекты в эскизах, а также вспомогательные элементы разных компонентов.

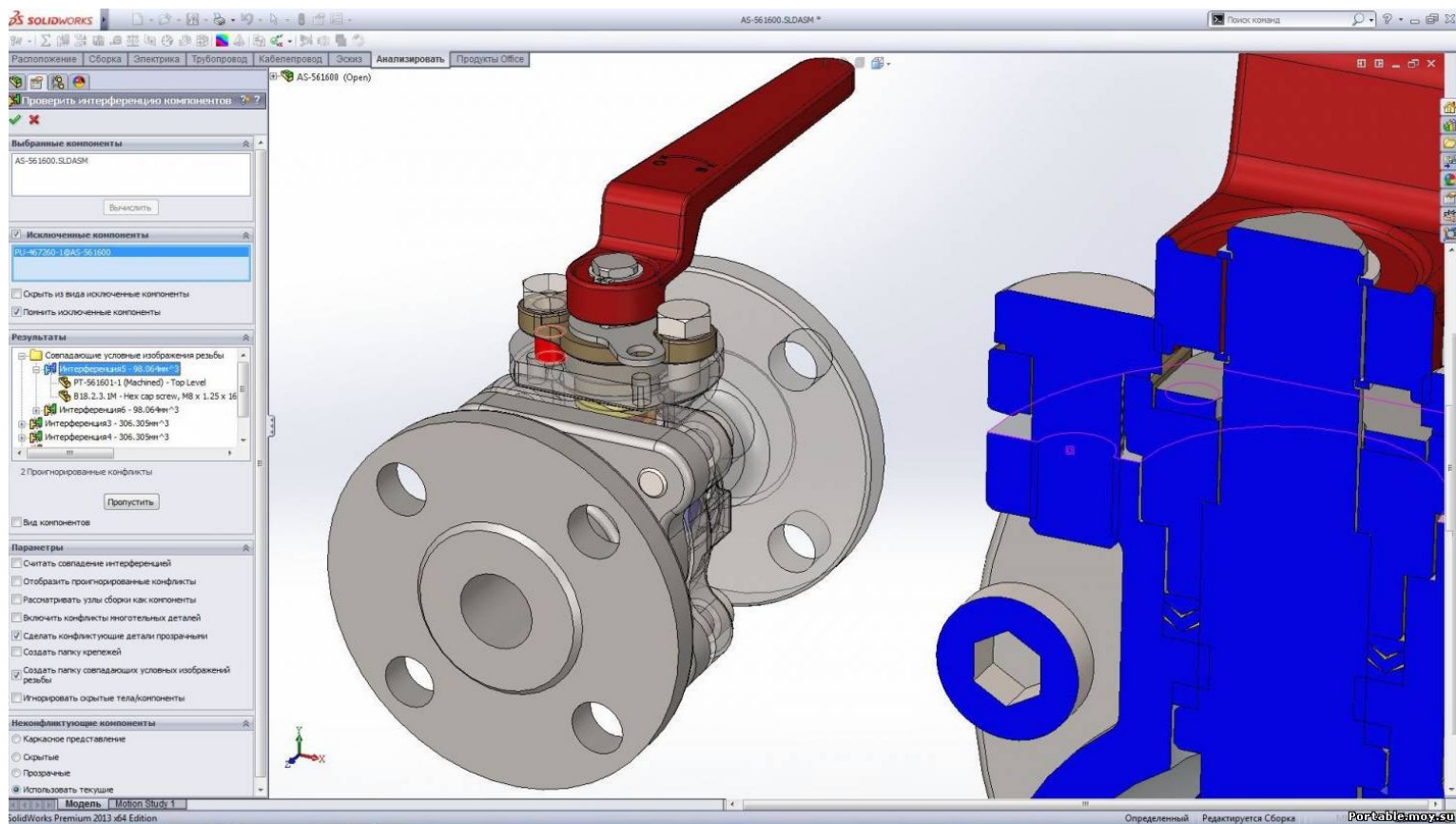
### Виды сопряжений:

- совпадение элементов;
- параллельность элементов;
- перпендикулярность элементов;
- расположение элементов под заданным углом;
- расположение элементов на заданном расстоянии;
- касание элементов;
- соосность элементов.



## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

**Контроль пересечений** - важнейшая функция подсистемы моделирования сборок в машиностроительных САПР. Система должна определять и визуализировать зоны пересечений выбранных пользователем компонентов сборки.



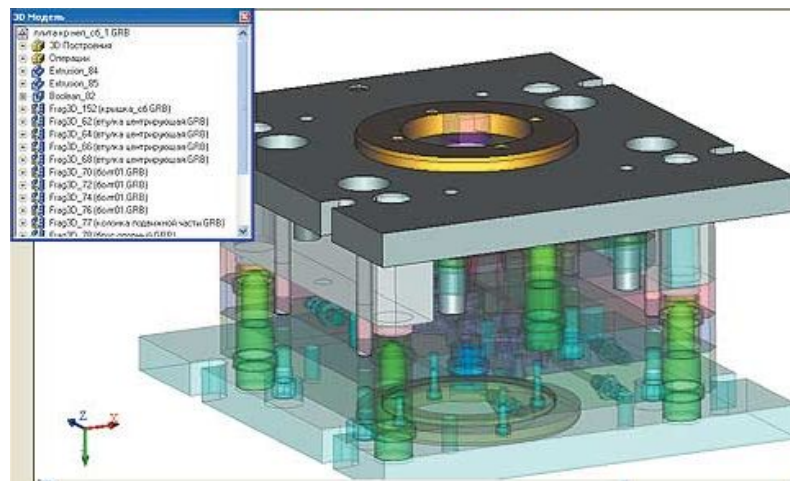
## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

**Моделирование детали в составе (в контексте) сборки — эффективный способ моделирования реальных изделий**

**Приёмы моделирования в контексте сборки:**

- 1) Пользователь имеет возможность измерять входящие в сборку детали и узлы и переносить размеры на другие детали.
- 2) Пользователь может проецировать существующие детали на рабочую плоскость, а также использовать характерные точки элементов моделей для привязки в процессе построения новой детали.

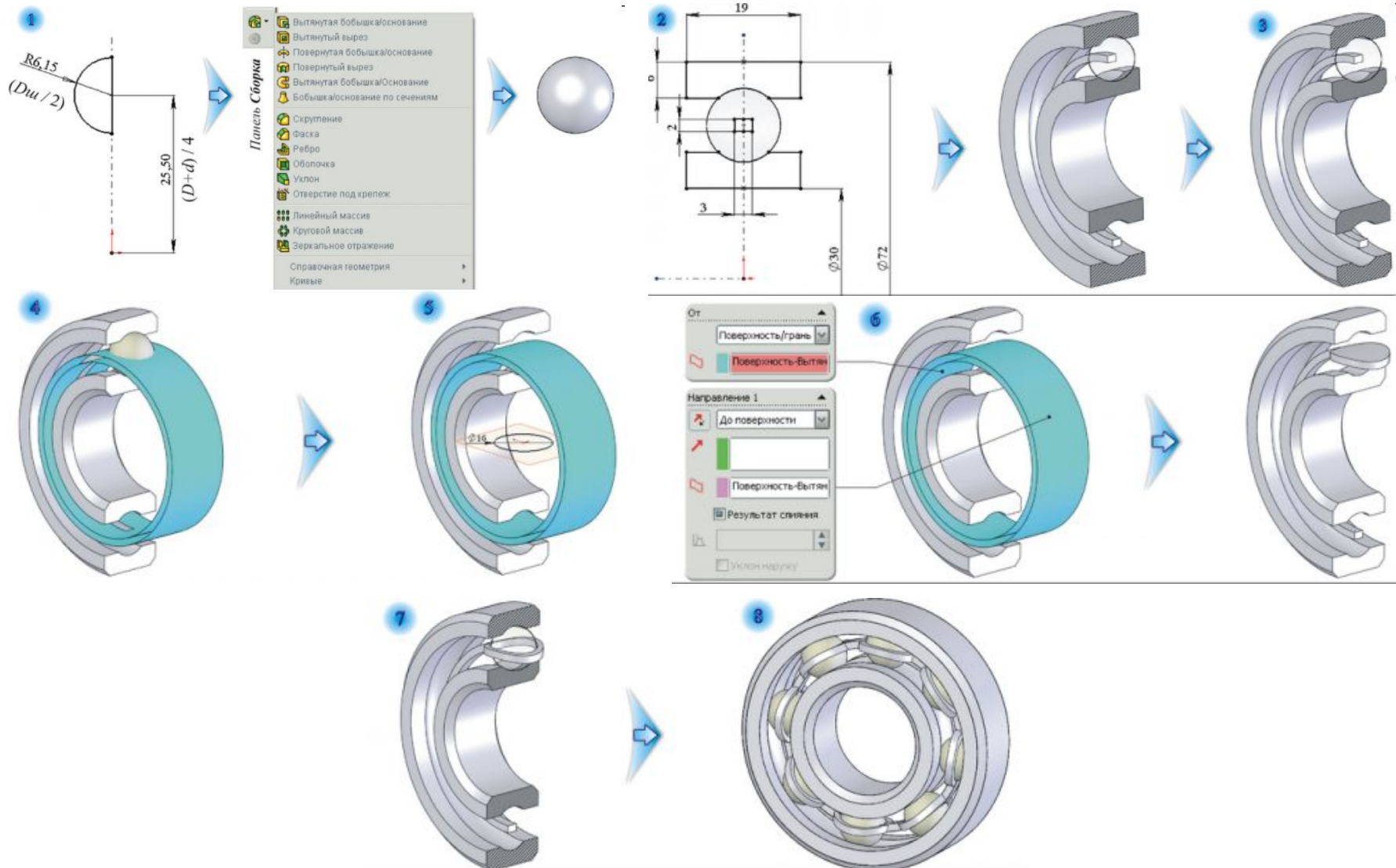
*Это позволяет значительно ускорить проектирование, а также избежать появления возможных ошибок, а новая деталь вписывается в заданные формы и габариты.*



Моделирование деталей в контексте сборки (T-FLEX CAD)

# 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

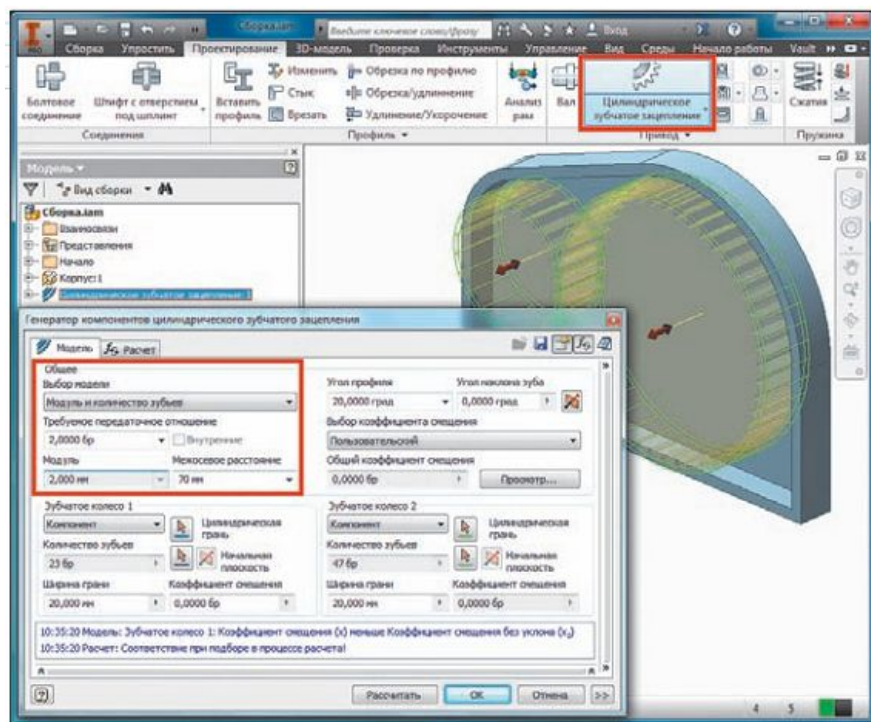
Пример моделирования детали в составе (в контексте) сборки



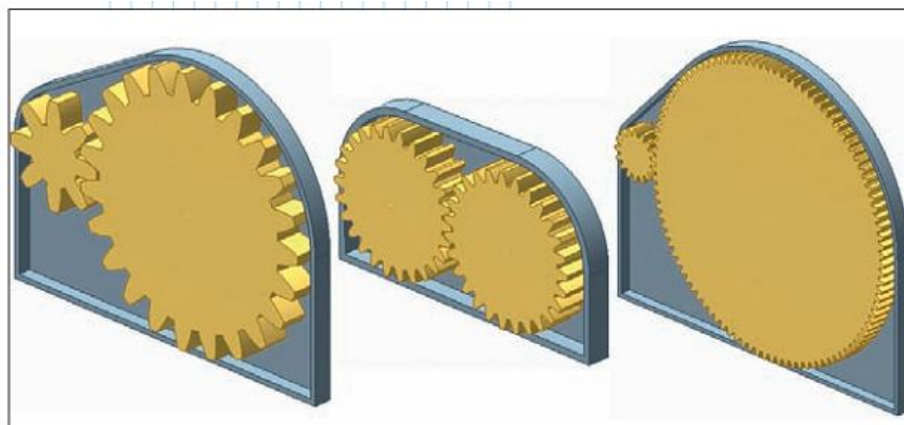
## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

**Параметризация сборок** обеспечивается возможность в интерактивном режиме задавать не только параметрические связи и ограничения, но и вводить проектные переменные и составлять для них набор аналитических соотношений и формул.

*Ассоциативная связь между деталями приводит к тому, что при изменении одной детали остальные детали, связанные с ней, автоматически перемещаются или меняют свою геометрию.*



*Параметризованное зубчатое зацепление (Autodesk Inventor)*

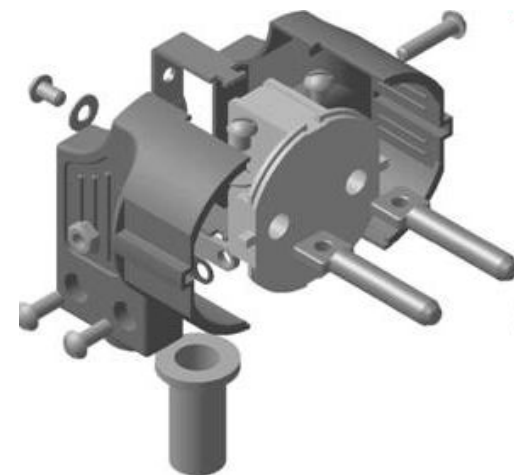
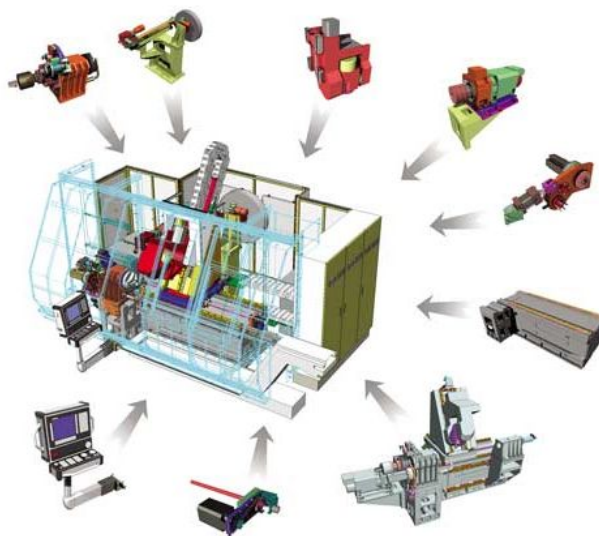
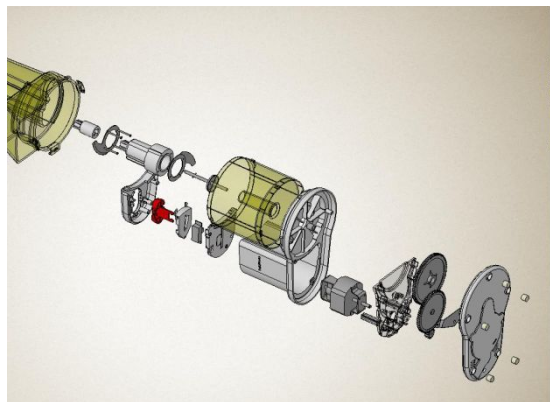


## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

**Динамическое разнесение объектов сборки (эксплодирование)** является возможностью, которая позволяет облегчить восприятие компьютерной сборки человеком при просмотре объемной модели, состоящей из плотно упакованного множества деталей и узлов.

*Разнесение удобно для пояснения принципа действия машин и анализа состава изделия.*

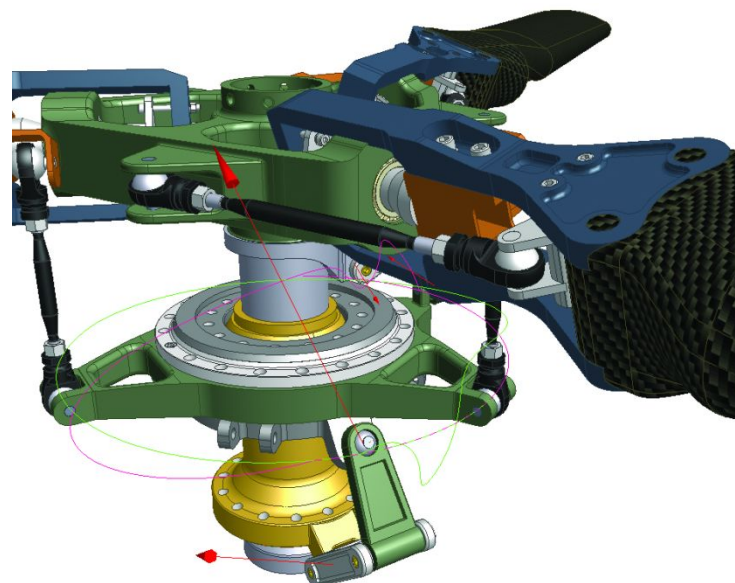
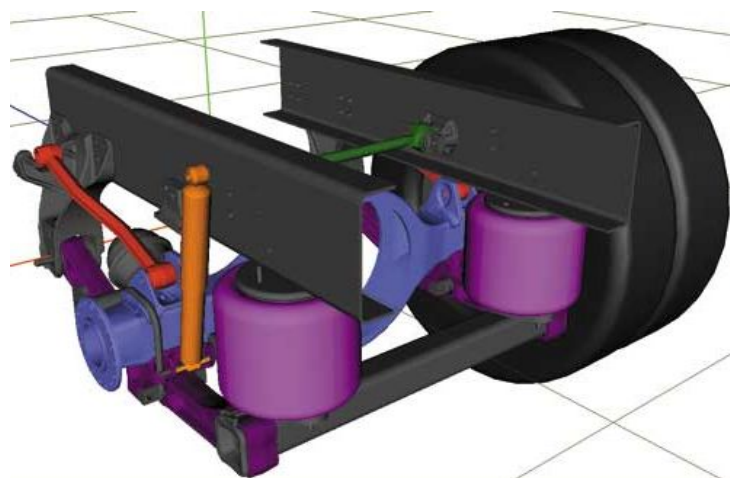
*Динамическое разнесения повышает зрелищность презентаций результатов объемного моделирования.*



## 5.3 Базовые функции моделирования объёмных сборок

**Моделирование кинематики объектов сборки** дает возможность учесть ряд возможных проблем, возникающих при проектировании движущихся частей машин и механизмов:

- проверку возможности движения элементов сборки и условия достижения ими запланированных промежуточных и крайних положений движущихся частей;
- анализ траектории движения элементов сборки;
- контроль пересечений и соударений движущихся частей;
- контроль обеспечения зон доступа к проведению работ сборщиков и обслуживающего персонала.





## 5.4 Проблемы моделирования объёмных сборок

**Проблемы точности формообразования** проявляются при моделировании сборок из заранее подготовленных моделей деталей. Затруднения вызывают ситуации, в которых сложные формы деталей и узлов должны стыковаться вдоль криволинейной поверхности.

**Проблемы потери и поиска файлов моделей** типичны для локальных автоматизированных мест и программ. Как правило, модель сборки содержит лишь информацию о моделях деталей и описание связи между ними. Модели деталей сохраняются в отдельных файлах, а в файле сборки хранятся только ссылки на эти компоненты. При произвольном перемещении файлов может произойти потеря информации о компонентах сборки, а в результате возможно полное разрушение модели сборки.

**Проблемы сохранности и передачи информации** о сложных сборках проявляются при местной («лоскутной») автоматизации, когда компьютеризируются отдельные рабочие места.

**Проблемы унификации и стандартизации элементов сборок** связаны с недостатками в организации технической подготовки производства, когда как при внедрении автоматизированной системы сохраняются традиционные «бумажноориентированные» методы технического документооборота.

## 5.5 Организация процессов разработки сложных технических объектов

С начала 1990-х годов в результате развития интегрированных компьютерных систем и идеологии параллельного решения проектных задач, когда команды технологов и конструкторов стали работать совместно, акцент проектирования сместился в сторону создания сборок.

На сегодняшний день распространены **два подхода к моделированию сборок**: «сверху вниз» или «снизу вверх».

### 1) Моделировании сборок «снизу вверх»

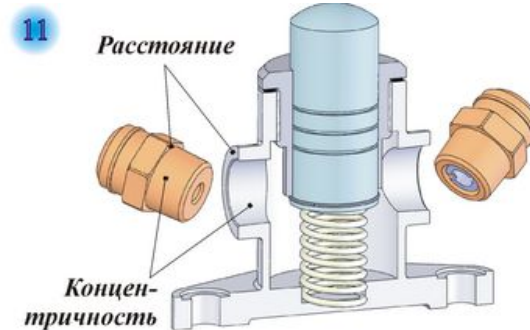
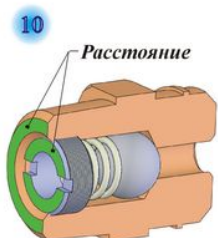
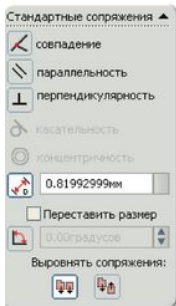
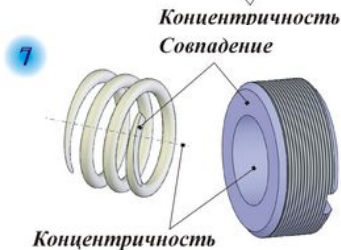
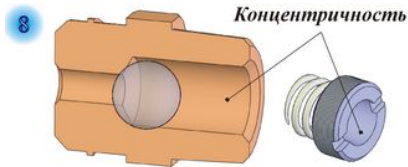
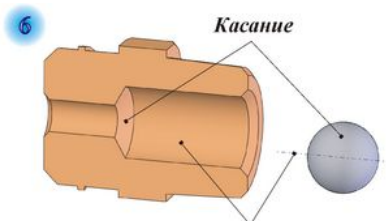
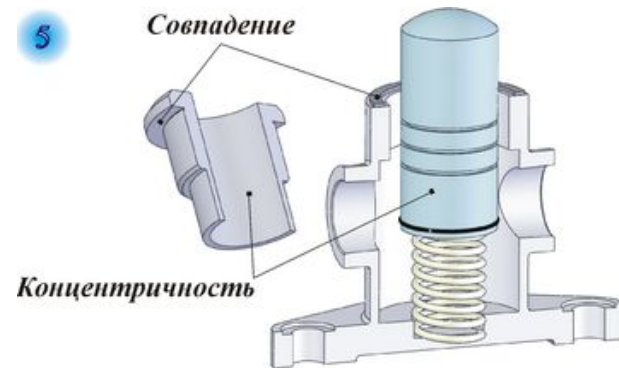
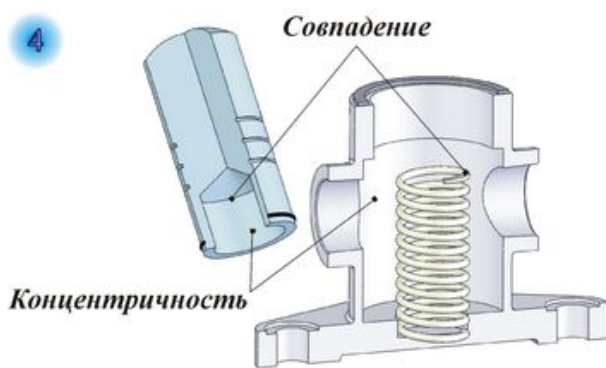
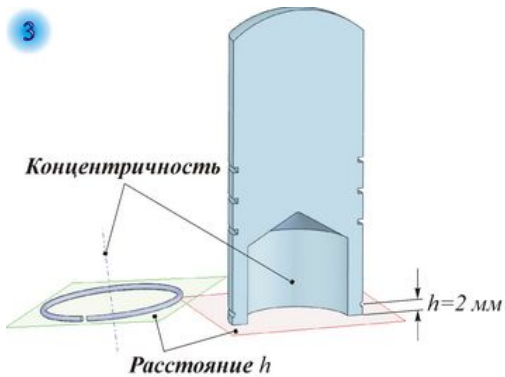
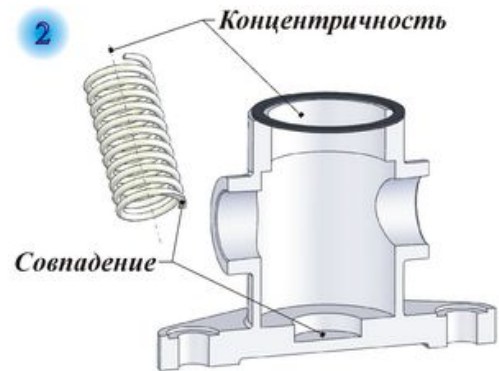
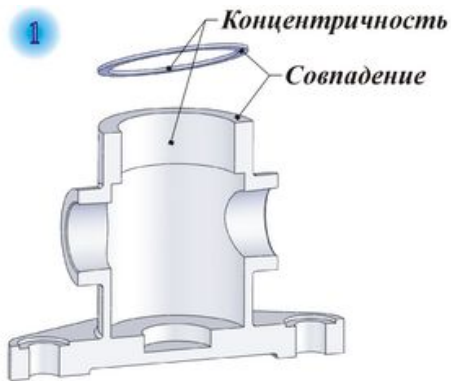
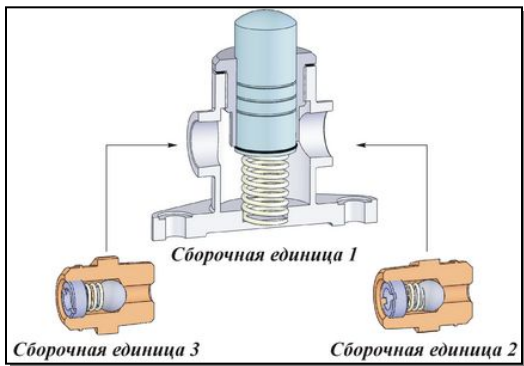
При моделировании сборок «**снизу вверх**» созданные заранее модели деталей последовательно объединяются в модели сборки изделия путём назначения сопряжений для фиксации расположения деталей. Чтобы внести изменения в модель, необходимо отредактировать детали по отдельности, а затем перестроить сборку.

**Область предпочтительного применения:** создание сборок из заранее сконструированных, готовых деталей или стандартных компонентов (крепежные детали, элементы гидро- и пневмосистем, приборы, технологическая оснастка и инструмент и т.д.)

**Недостатки:**

- для моделирования отдельных деталей требуется точно представлять взаимное положение деталей и топологию изделия в целом,
- затрачивается много времени на отслеживание актуальности и соответствия моделей деталей, их сопряжения друг с другом, и внесение соответствующих изменений,
- меняются спецификации сборок, другие данные и документы, составляющие проект.

# Пример моделирования сборок «снизу вверх» (SolidWorks)



## 5.5 Организация процессов разработки сложных технических объектов

### 2) Моделирование сборок «сверху вниз»

При моделировании сборок «сверху вниз» вначале создаются концептуальные, структурные схемы изделия в целом, а только затем производится проектирование отдельных деталей.

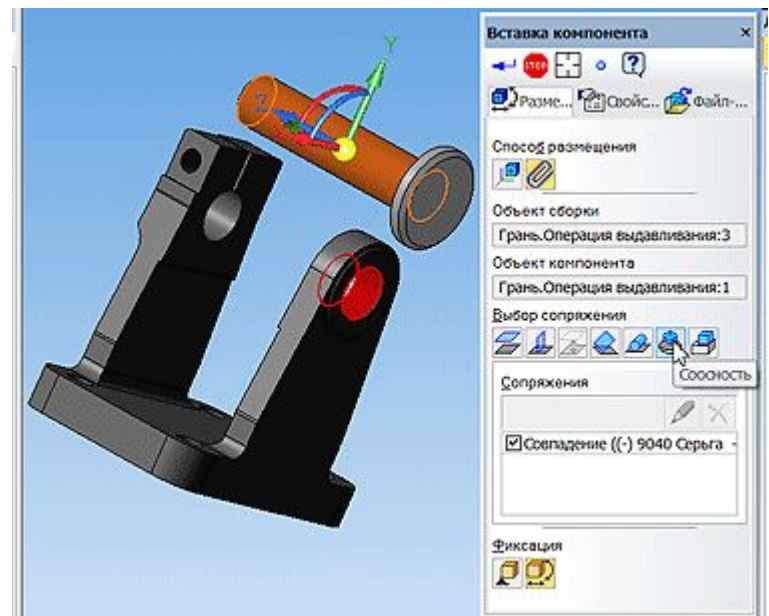
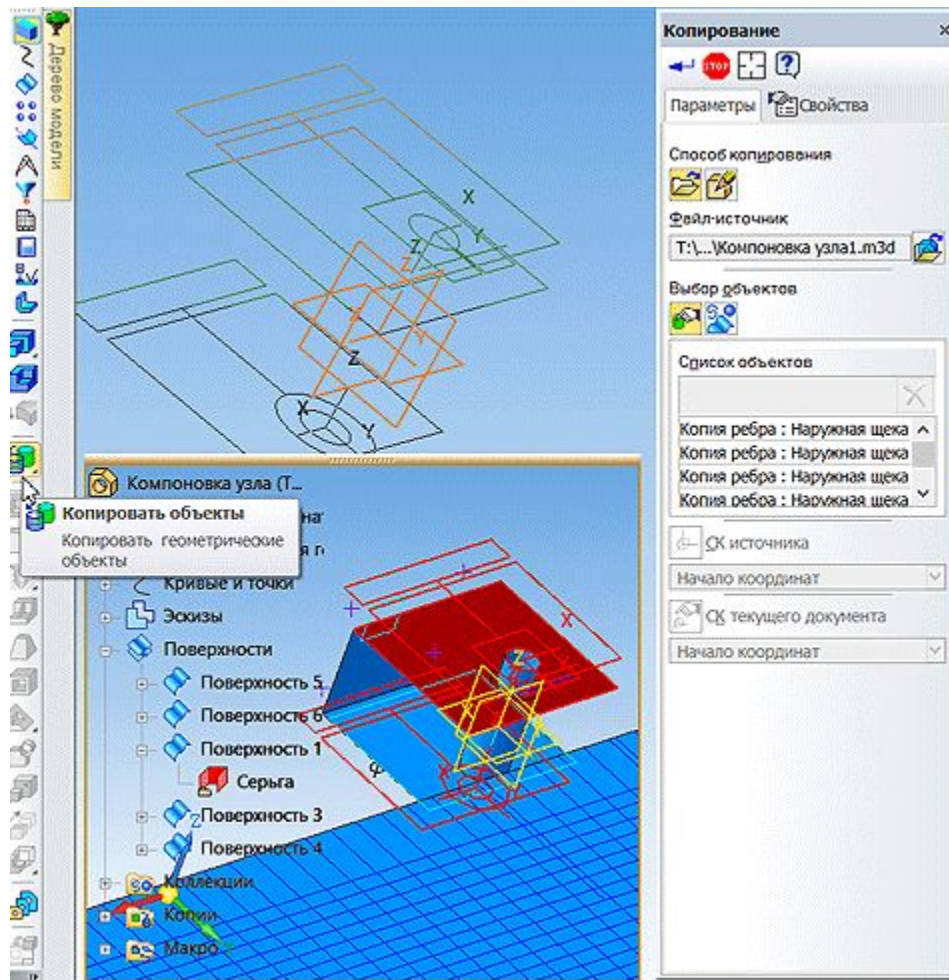
#### ***Преимущества:***

- внесение изменений в проект не требует редактирования многочисленных связей,
- детали автоматически обновляют свои параметры на основе сохраненной в параметрических ассоциациях истории своего построения,
- назначения и утверждения ключевых параметров сборки проводятся централизованно, а затем используются как основа для распределения работ по группам исполнителей.

#### ***Область предпочтительного использования:***

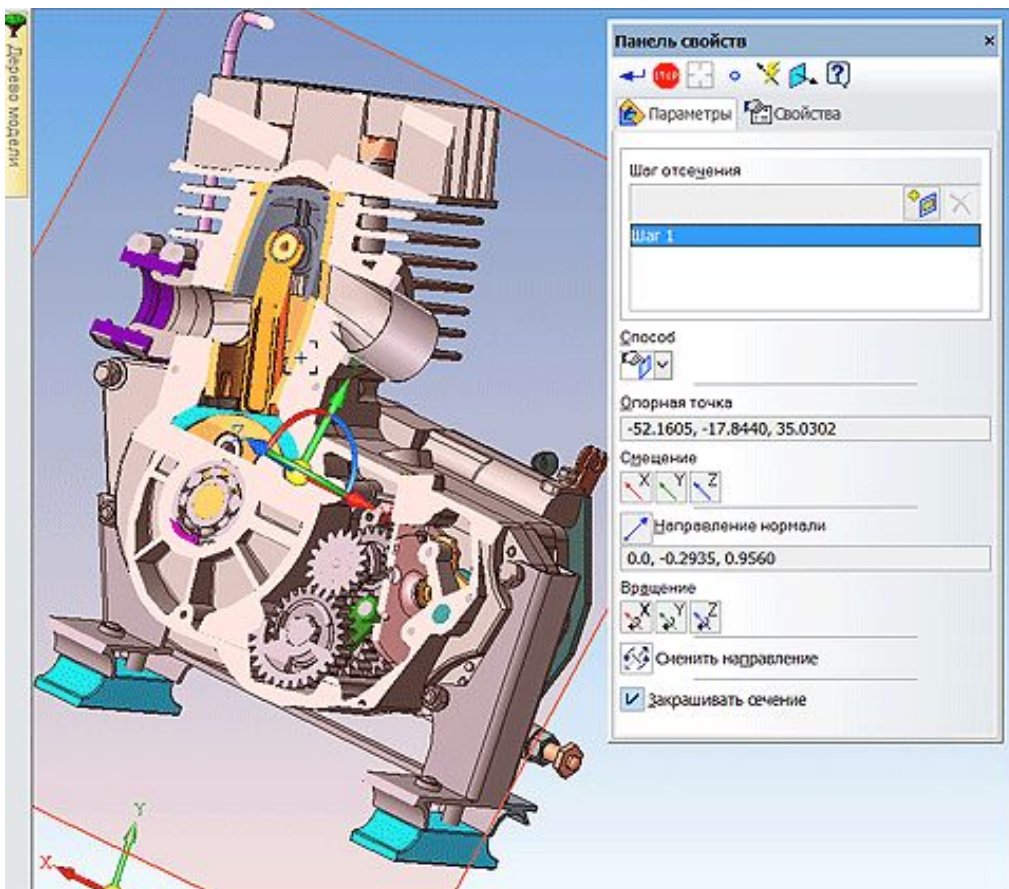
Технология проектирования «сверху вниз» особенно эффективна при работе с изделиями, содержащими силовые рамы, каркасы, станины, корпуса и другие базовые элементы, которые используются для крепления основной массы деталей в правильном положении.

## Пример моделирования сборки «сверху вниз» (КОМПАС-3D)



### 3) Смешанный способ проектирования

Сочетает в себе приемы моделирования «сверху вниз» и «снизу вверх». В этом случае часть деталей и узлов разрабатывается независимо от сборки, а другая часть создается по иерархии вхождения в сборку. В сборку сначала вставляются готовые модели компонентов, определяющих ее основные характеристики, а также модели стандартных изделий. Остальные детали дорабатываются в контексте сборки.



Например, при проектировании изделия вначале создаются модели основных формообразующих элементов корпуса. Они дополняются стандартными деталями и узлами. Затем эти детали вставляются в сборку, и производится их компоновка. Остальные компоненты, например прокладки, крышки и прочие детали, зависящие от их размера и положения, создаются «на месте» (в контексте сборки) с учетом формы и размеров базовых компонентов.