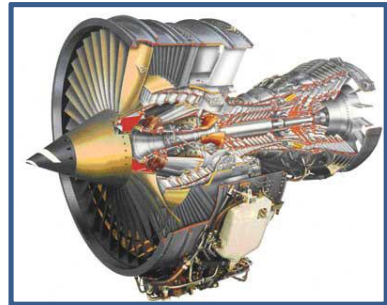


Виртуальное моделирование элементов двигателя на базе многодисциплинарных моделей

Лекция 4.

Кинематика и динамика: моделирование
MSC. ADAMS

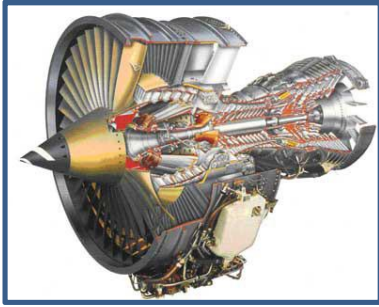


ADAMS/View главное окно

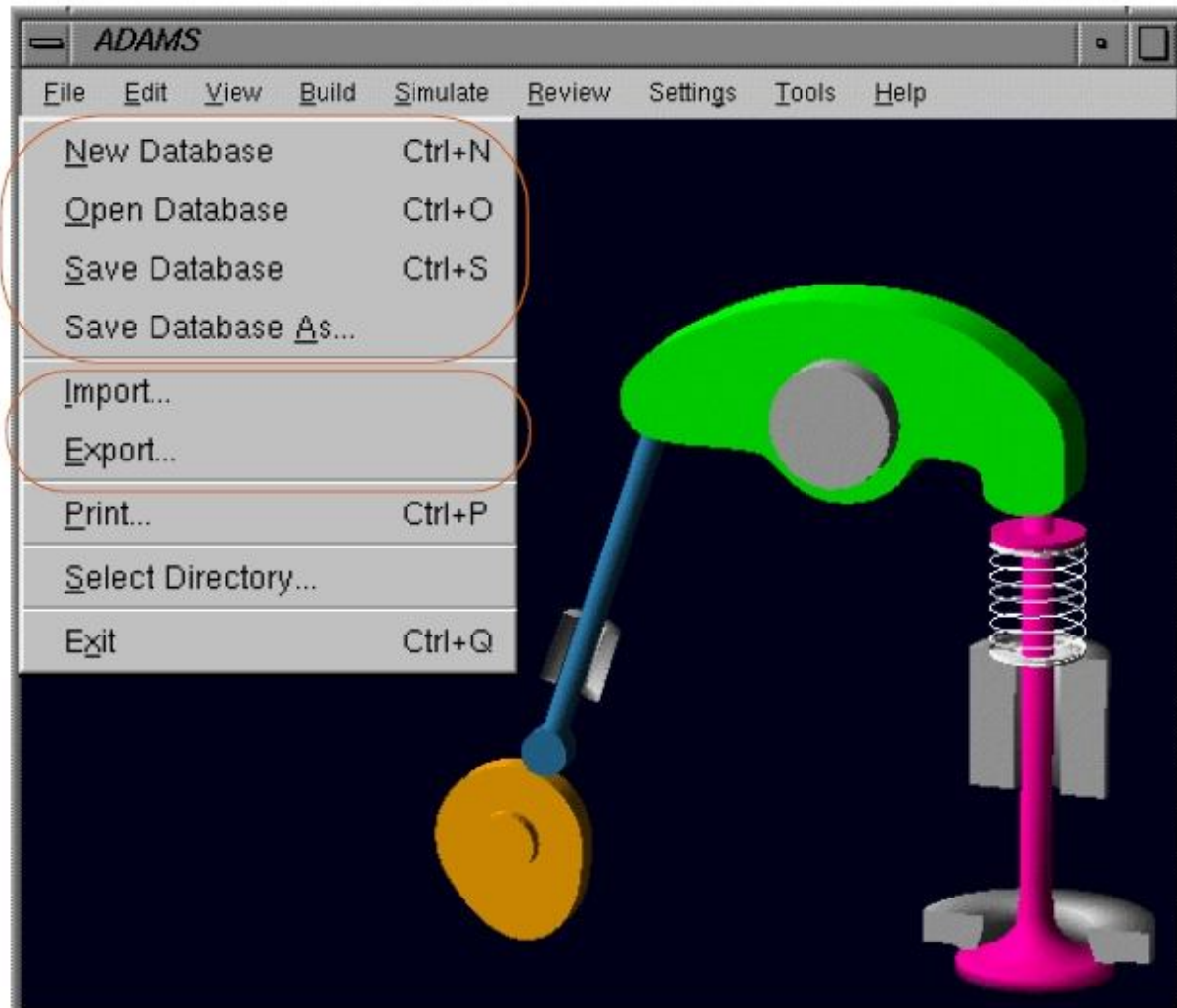
The screenshot shows the ADAMS/View software interface. The main window is titled "ADAMS/View" and contains a menu bar with "File", "Edit", "View", "Build", "Simulate", "Review", "Settings", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a "Working grid" area with a grid pattern. A "Model name" field contains "model_1". A "View triad" is visible in the bottom left corner of the grid area. A "Status bar" is at the bottom of the window, containing icons for "Render", "Icons", and "STOP".

Labels and their corresponding components:

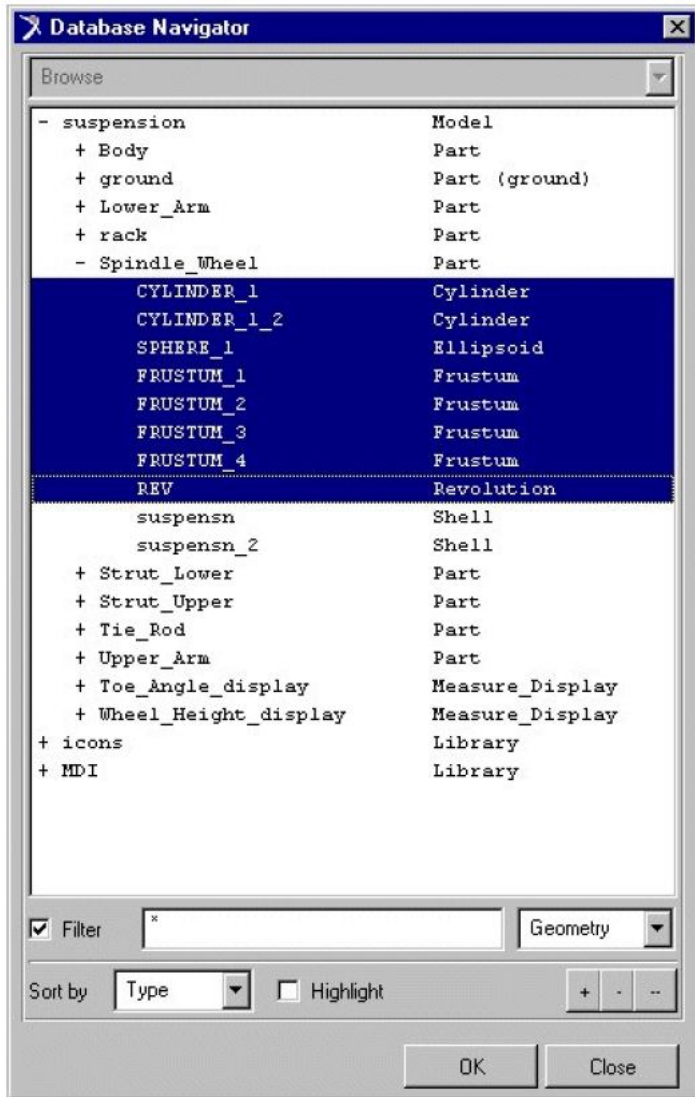
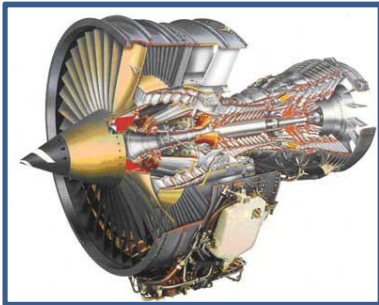
- Main Toolbox**: The toolbar on the left side of the window.
- Tool**: Individual icons within the Main Toolbox.
- Arrow denotes tool stack**: A red circle around the first icon in the Main Toolbox.
- Model name**: The text "model_1" in the top left of the main window.
- Working grid**: The grid area in the center of the main window.
- Menus**: The menu bar at the top of the main window.
- Link**: The "Link" section in the Main Toolbox, containing "New Part", "Length", "Width", and "Depth" options.
- Toolbox container**: The container for the Main Toolbox.
- View triad**: The 3D coordinate system (x, y, z) in the bottom left of the main window.
- Status bar**: The bar at the bottom of the main window.



Наиболее распространённые форматы, в которых сохраняют модели ADAMS/View. Файлы базы данных ADAMS/View (.bin): содержат в себе все результаты моделирования, включая модели, результаты расчёта, графики и т.п.; как правило очень велики; сильно зависят от платформы и версии пакета.



Командные файлы ADAMS/View (.cmd): содержат только элементы модели и их атрибуты; относительно невелики, представляют собой редактируемые текстовые документы; независимы от платформы и версии ПО. Другие форматы, в которых возможен импорт и экспорт данных: входные файлы ADAMS/Solver (.adm); файлы геометрии (STEP, IGES, DXF, DWG, Wavefront, Stereolithography); табличные файлы; файлы результатов расчёта (.msg, .req, .out, .gra, .res).



Conceptual Design Method

Design Validation Method 4

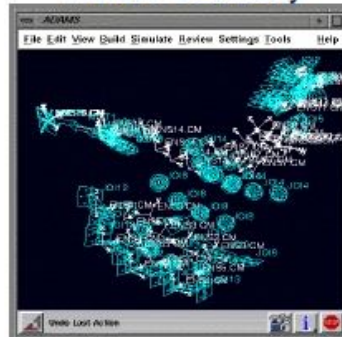
Dynamic Motion!

Dynamic Motion!

Import
.res

Import
.res

ADAMS/Solver or
ADAMS/View
without Geometry



- Rigid Bodies
- Mass Properties
- Joints
- Springs
- Applied Forces
- Advanced Modeling
- Dynamic Motion

CAD Assembly



- Rigid Bodies
- Mass Properties
- Detailed Geometry
- Joints
- Springs
- Applied Forces
- Kinematic Motion

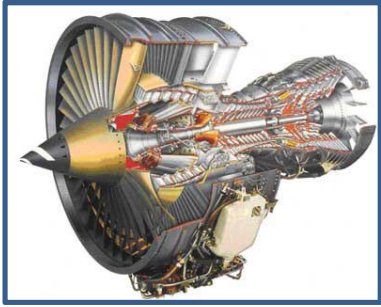
Export

.adm .cmd +
 .adm +
 .shl, .slp

ADAMS/View with
Geometry



- Rigid Bodies
- Mass Properties
- Detailed Geometry
- Joints
- Springs
- Applied Forces
- Advanced Modeling
- Dynamic Motion



Массовые и инерционные характеристики деталей

ADAMS/View автоматически рассчитывает массовые и инерционные характеристики только для трёхмерных твердых тел.

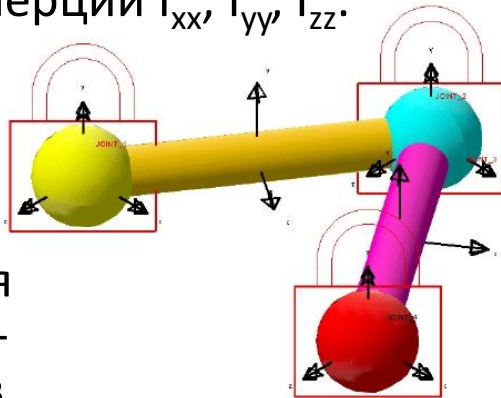
Они вычисляются, основываясь на плотности части и объёме принадлежащей ей геометрии.

Также существует возможность задать эти характеристики вручную.

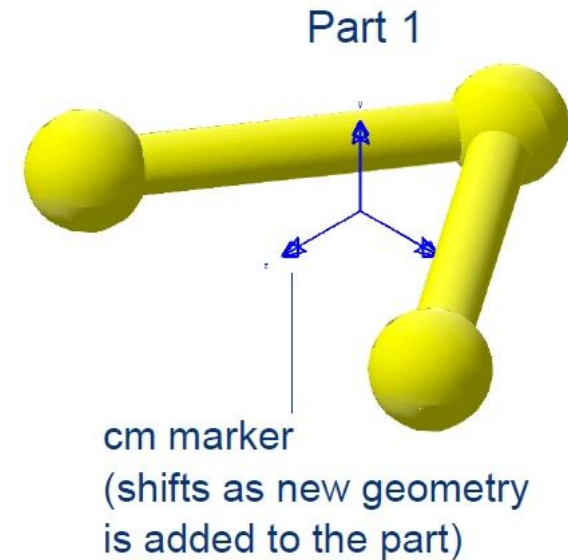
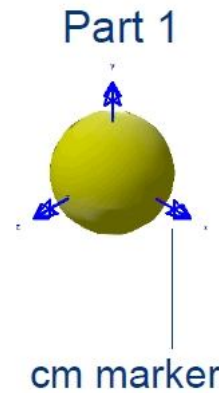
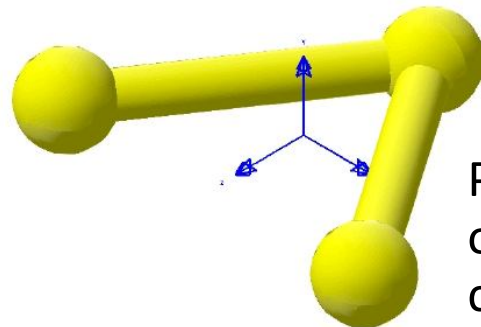
ADAMS/View связывает массовые и инерционные характеристики с маркером, создаваемом в центре масс части (cm) и его главными осями.

Существует возможность изменить положение и ориентацию маркера центра масс. Ориентация маркера центра масс также определяет ориентацию осей для моментов инерции I_{xx} , I_{yy} , I_{zz} .

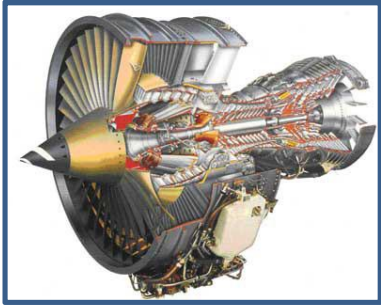
Использование фиксирующего шарнира для объединения геометрических объектов



Добавление новой геометрии к существующей части



Расчёт в ADAMS/Solver проходит лучше, если объединять геометрии в одну часть, а не связывать несколько частей замками.



Измерители (датчики) в MSC.ADAMS

Выводят данные, которые желательно количественно оценивать во время расчёта, такие как:

Перемещения, скорости или ускорения точек на частях


Реакции в шарнирах

Углы между телами

Другие числовые результаты из заданных пользователем функций


Захват измеренных значений в важные моменты времени из всего времени расчёта.

Измерение предварительно заданных количественных характеристик частей, сил и связей в модели

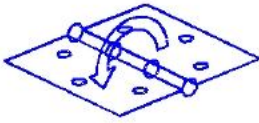
Part measure characteristics:

- CM position
- CM velocity
- Kinetic energy
- Others



Spring measure characteristics:

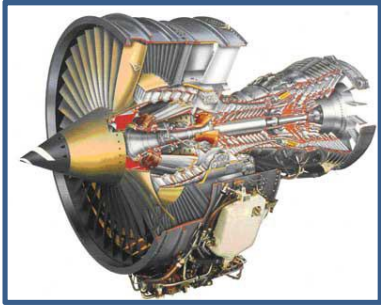
- Deformation
- Force



Joint measure characteristics:

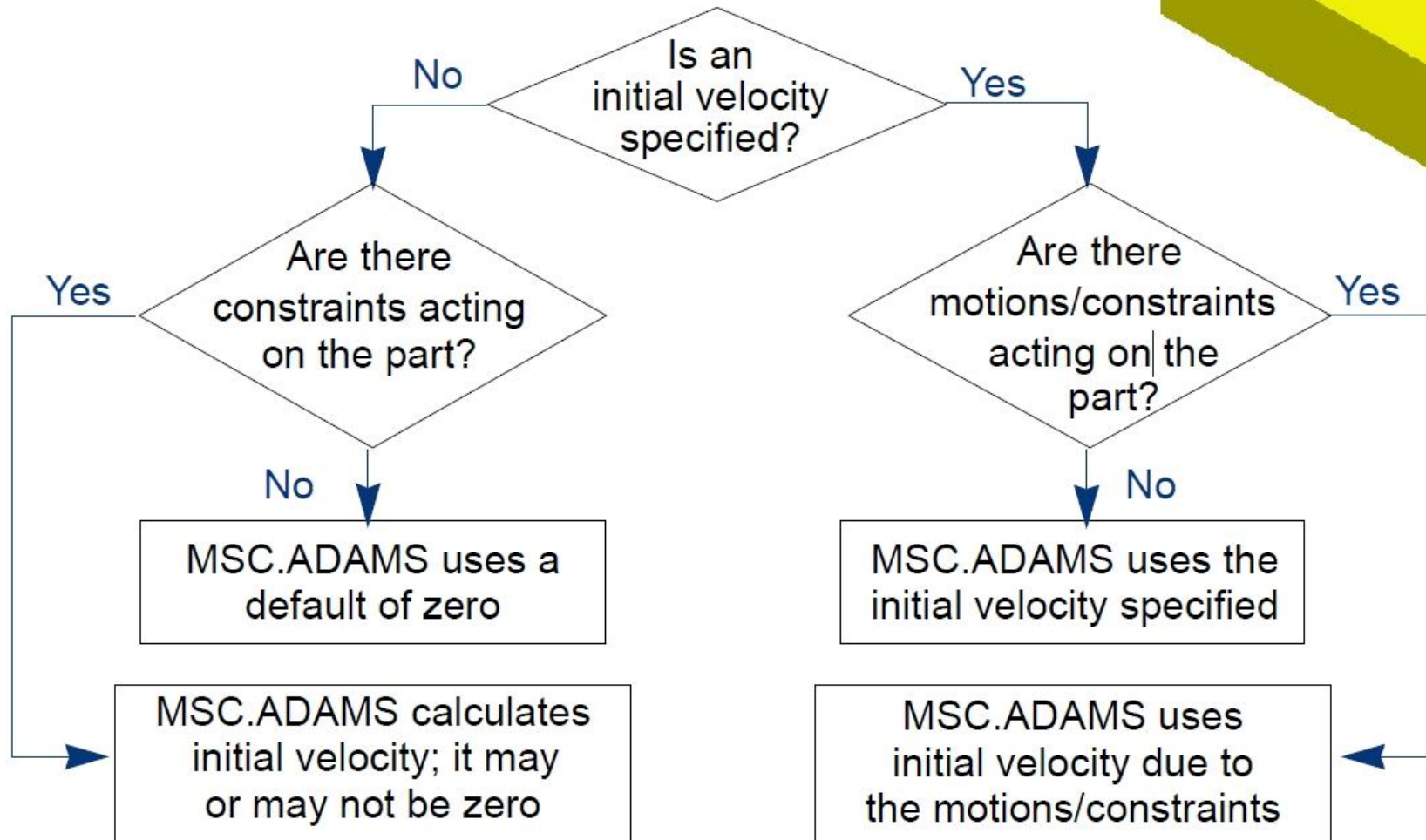
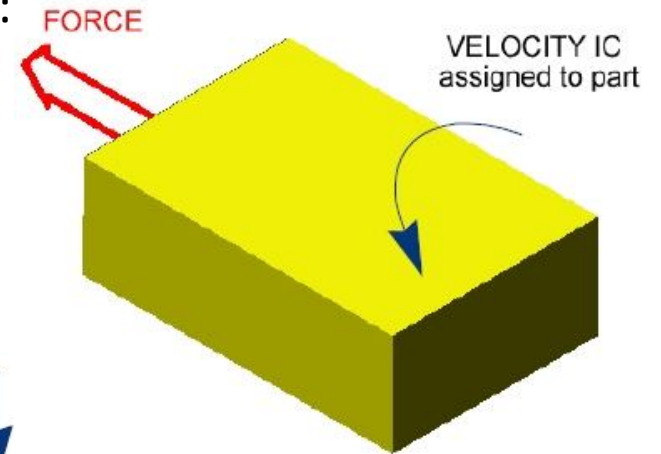
- Relative velocity
- Force
- Torque
- Others

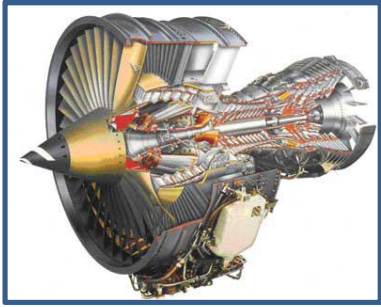




Начальные скорости

В MSC.ADAMS, начальное движение детали (в момент $t = 0$) задаётся следующим образом:





Координатные системы

Определение координатной системы (CS или КС)

Координатная система – это по существу система измерения для определения кинематических и динамических величин.

Типы координатных систем:

Глобальная (центральная) система координат (GCS или ЦСК):

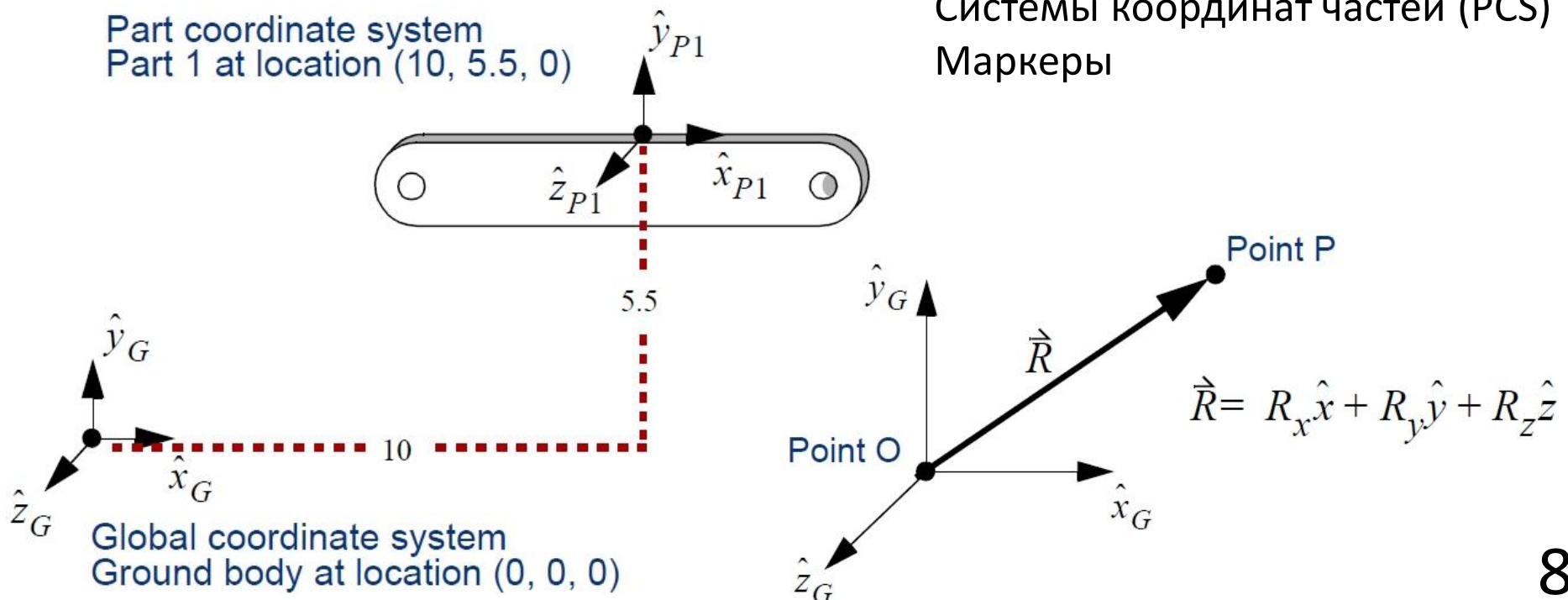
Жёстко привязана к части Ground (Земля).

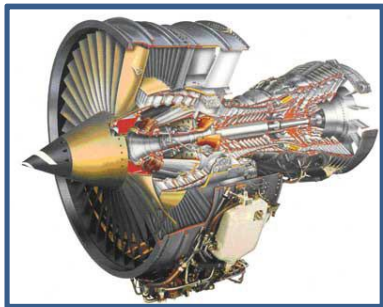
Задаёт точку отсчёта (0,0,0) для модели и обеспечивает набор осей, на которые ссылаются создаваемые локальные системы координат.

Локальные системы координат (LCS или ЛСК):

Системы координат частей (PCS)

Маркеры





Углы Эйлера (Последовательность вращения)

Определение углов Эйлера

ADAMS/View использует три угла, чтобы выполнить три поворота относительно осей координатной системы.

Эти повороты могут быть относительно осей, зафиксированных в пространстве или на теле и записываются как Body [3 1 3], Space [1 2 3] и т.д., где:

1 = ось x
 2 = ось y
 3 = ось z

Для поворота вокруг этих осей, используется правило правой руки

ПО умолчанию в MSC.ADAMS – Body [3 1 3].

ADAMS/View имеет два типа генераторов движения: **шарнирный и точечный**.

Существует два вида шарнирных генераторов:

Поступательный: прикладывается к поступательному или цилиндрическому шарнирам (отнимает 1 степень свободы).

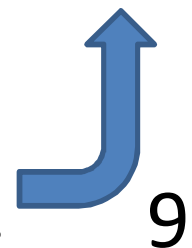
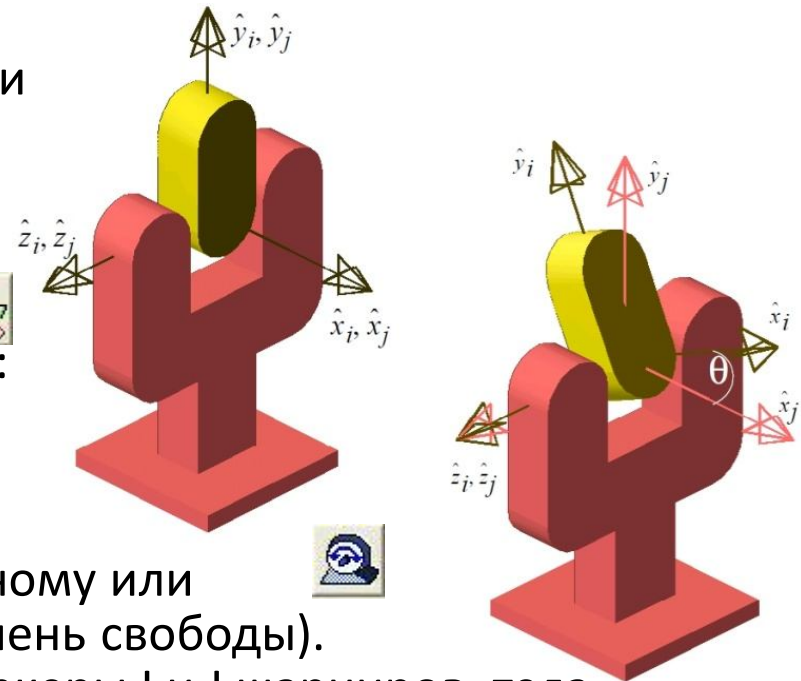
Вращательный: прикладывается к вращательному или цилиндрическому шарнирам (отнимает 1 степень свободы).

MSC.ADAMS автоматически использует маркеры I и J шарниров, тела и отдельные направления.

Пользователь указывает шарнир и величину функции.

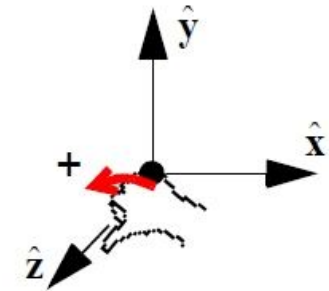
Маркеры I и J (и, следовательно, детали, которым они принадлежат), указанные в шарнире, движутся по отношению друг к другу так:

Маркеры I и J совпадают, когда значение генератора движения $\theta_t = 0$.



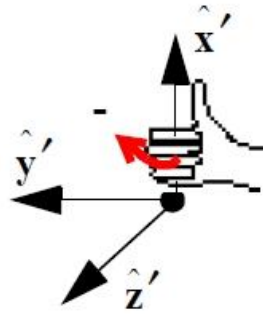
Example of body [3 1 3]: $[90^\circ, -90^\circ, 180^\circ]$

Initial Orientation
(Base CS)



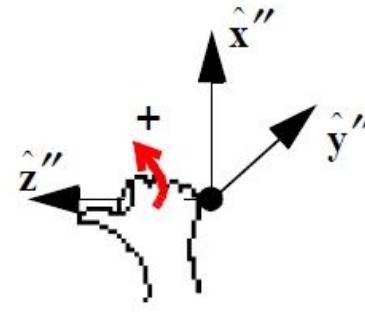
+90° about
the z-axis

After 1st
Rotation



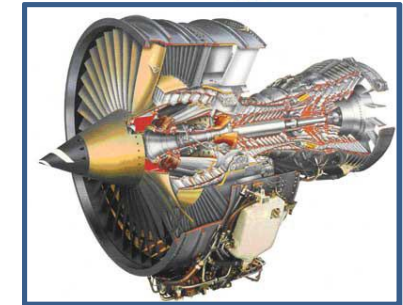
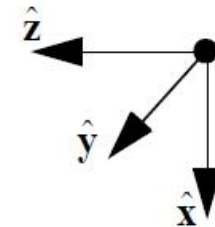
- 90° about
the x'-axis

After 2nd
Rotation



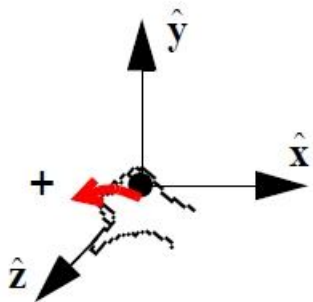
+180° about
the z''-axis

After 3rd Rotation
(Positioned CS)



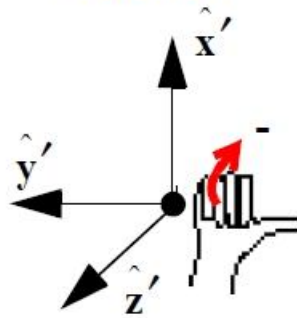
Example of space [3 1 3]: $[90^\circ, -90^\circ, 180^\circ]$:

Initial Orientation
(Base CS)



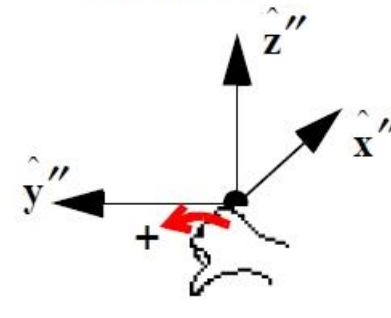
+90° about
the base CS
z-axis

After 1st
Rotation



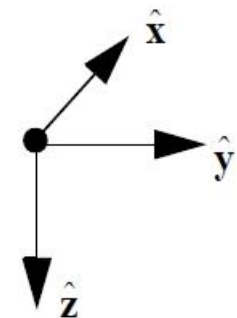
- 90° about
the base CS
x-axis

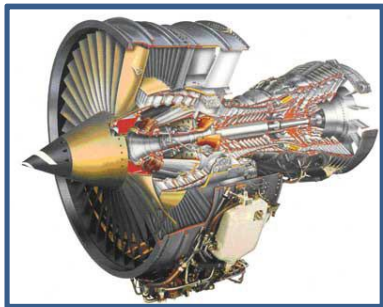
After 2nd
Rotation



+180° about
the base CS
z-axis

After 3rd Rotation
(Positioned CS)

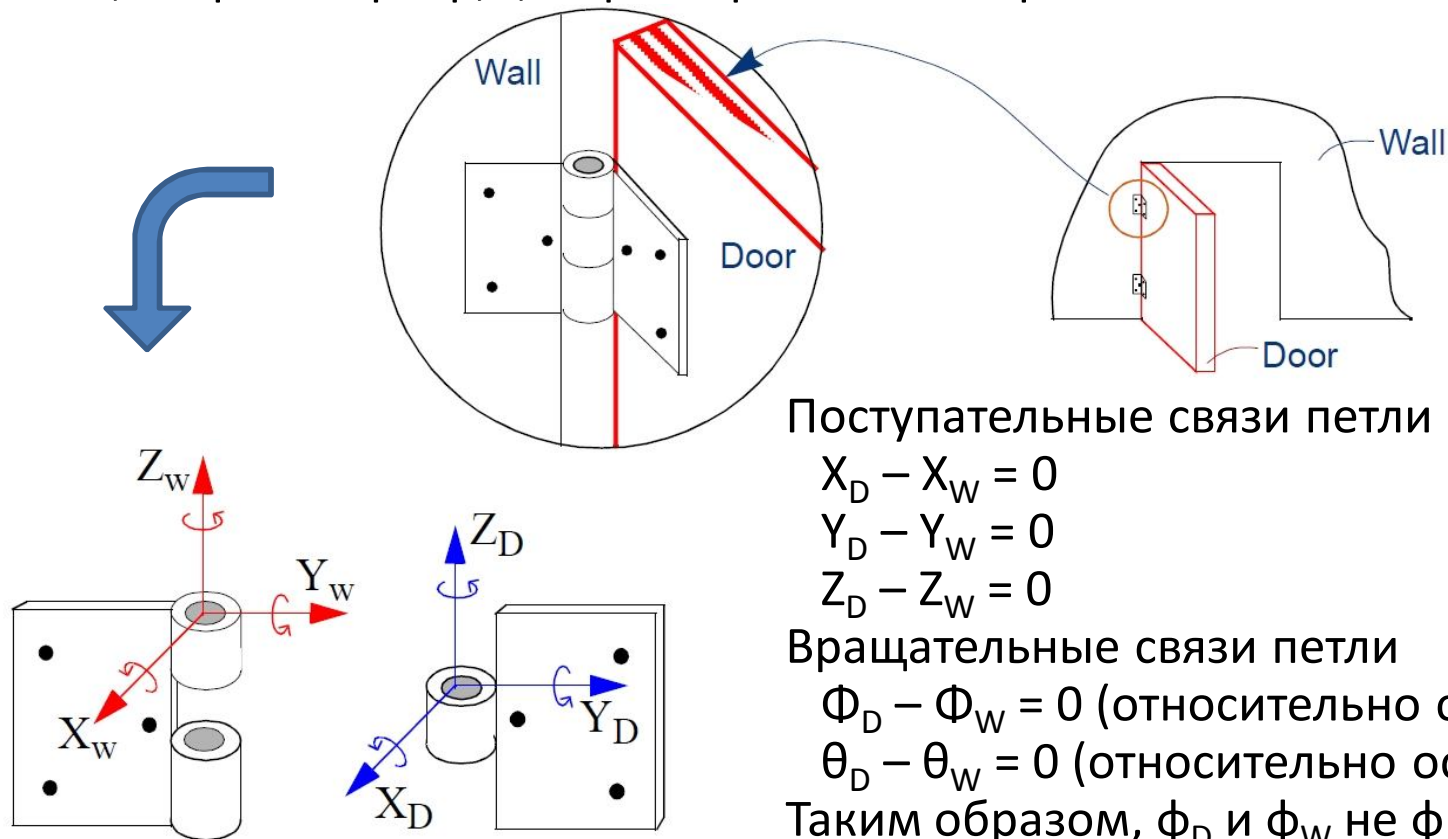




Связи (кинематические ГУ)

Ограничение относительных перемещений между частями; представляют собой идеализированные связи; убирают вращательные и/или поступательные степени свободы из системы. Связи представлены как алгебраические уравнения в ADAMS/Solver.

Эти уравнения описывают взаимосвязь между двумя маркерами. Параметры шарнира, указанные в маркерах I и J, определяют положение, ориентацию, и соединение частей: первый маркер, I, зафиксирован на первой части; второй маркер, J, зафиксирован на второй части.



Поступательные связи петли (revolute)

$$X_D - X_W = 0$$

$$Y_D - Y_W = 0$$

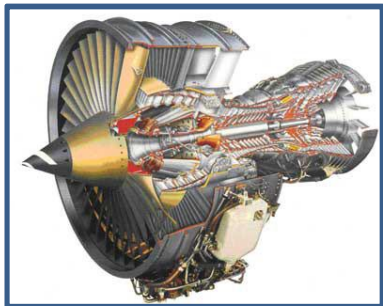
$$Z_D - Z_W = 0$$

Вращательные связи петли

$$\Phi_D - \Phi_W = 0 \text{ (относительно оси } x)$$

$$\theta_D - \theta_W = 0 \text{ (относительно оси } y)$$

Таким образом, ϕ_D и ϕ_W не фиксированы



Связи (кинематические ГУ)

Виды связей для кривых в MSC.ADAMS

Точка по кривой



Point-on-curve

Кривая по кривой



Curve-on-curve

Связь кривая по кривой

Используется, когда кромка на одной части всегда соприкасается с кромкой другой части.

Отнимает две степени свободы.



Для создания связи кривая по кривой требуются:

Две части; Две кривые, которые всегда будут находиться в контакте. Типичной областью применения являются системы с кулачками (ГРМ).

Сплайны по траекториям

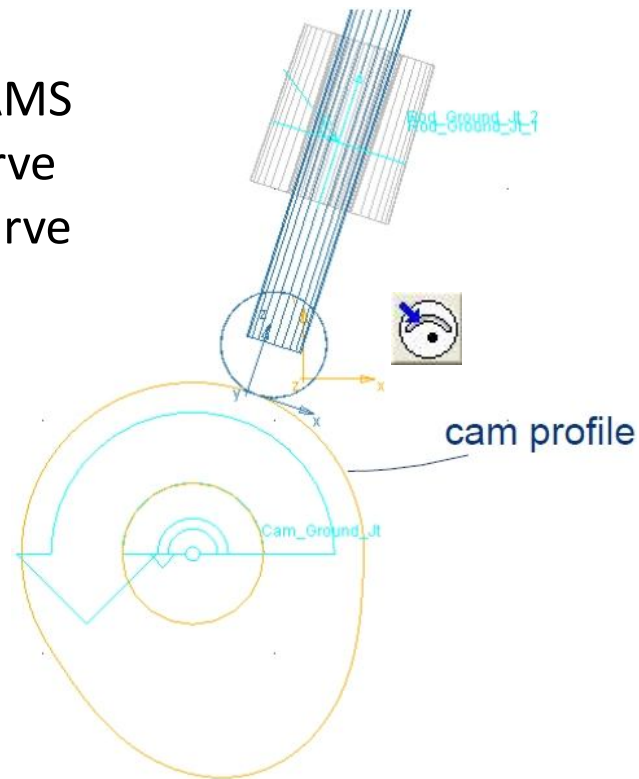
Точка трассировки отслеживает местоположение маркера или окружности с течением времени по отношению к другой части.

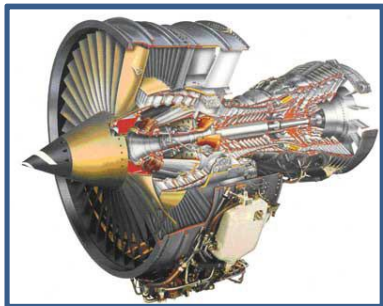
ADAMS/View может создать 2D- или 3D-сплайн по этой траектории.

Создание сплайна по траектории используется для обратного расчёта (реверсивного инженеринга) формы детали, основываясь на её движении (создание кулачка).

Примечание: При движении объекта и создании сплайна по нему, точка или окружность должны двигаться плавно и непрерывно.

Если траектория замкнута, достаточно рассчитать только один цикл.





Моделирование сборки

Что такое моделирование сборки.

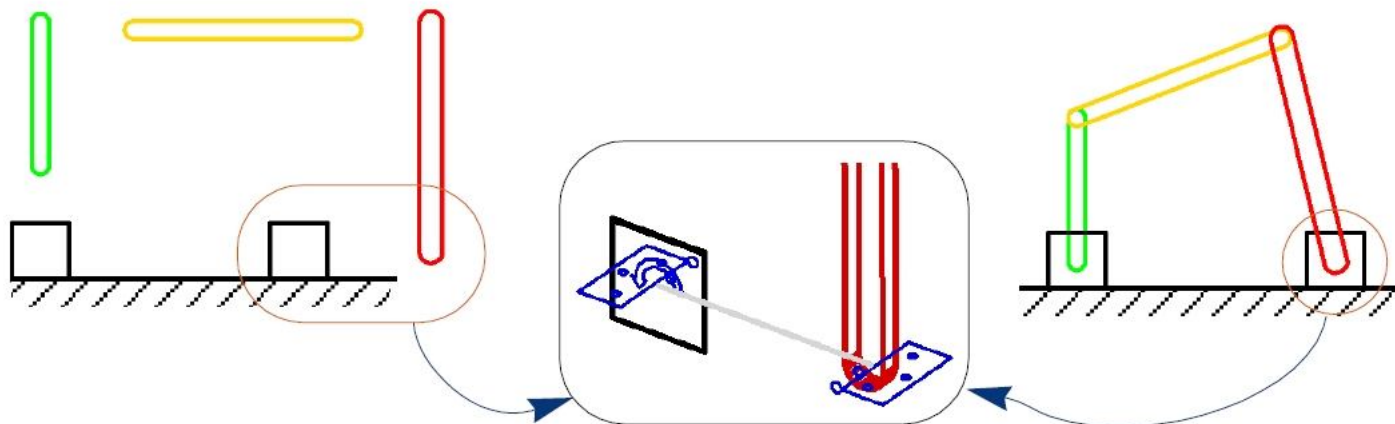
Попытки решить любые конфликты в начальных условиях, указанных для элементов модели (например, разрывы шарниров).

Другое название этого процесса – расчёт начальных условий.

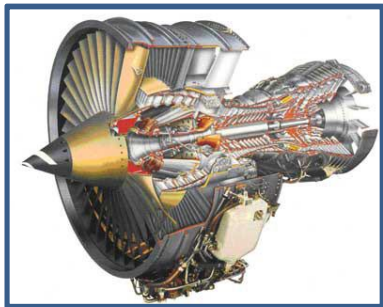
Начальное расположение и ориентация частей

При создании части можно указать её начальное положение и ориентацию.

Для части, которая будет перемещена в нужное положение во время моделирования сборки, можно задать до трёх линейных и до трёх угловых смещений, каждое вдоль отдельной оси (ψ , θ , ϕ).



Note: Используйте начальные условия осторожно. Если начальные условия заданы для слишком многих частей, расчёт сборки может завершиться ошибкой.



Screw Joints

Сложные (составные) связи

Настройка взаимосвязей между уже существующими шарнирами в модели. Соединяют части напрямую и косвенно.

Ремённая передача (или цепная)

Соединяет различные части через связывание двух шарниров. Отнимает одну степень свободы.

Передачи могут быть определены:

Через **перемещения**

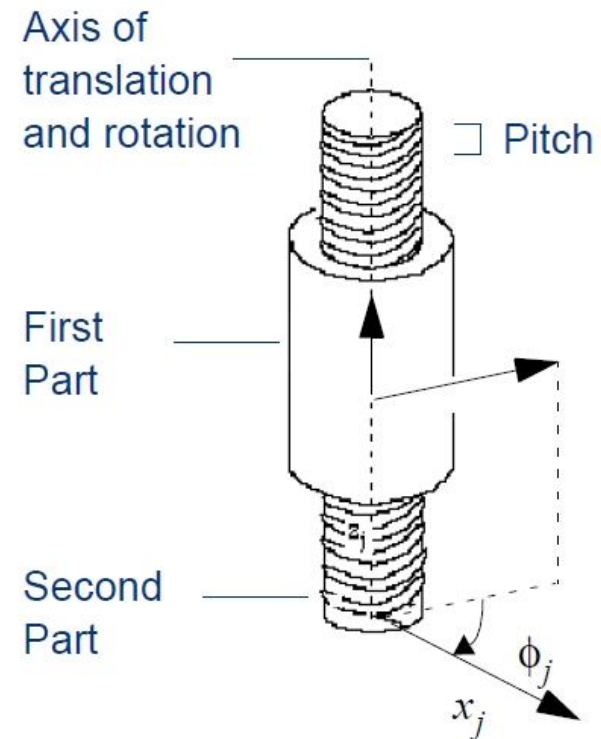
Через **масштабные**

коэффициенты

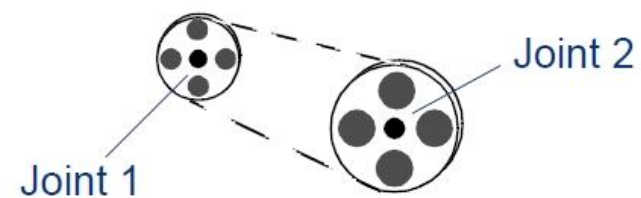
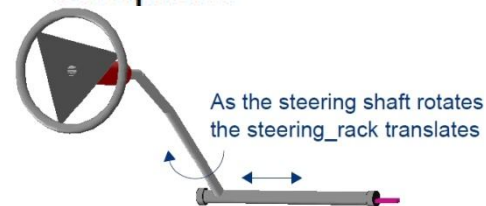
Определены

пользователем

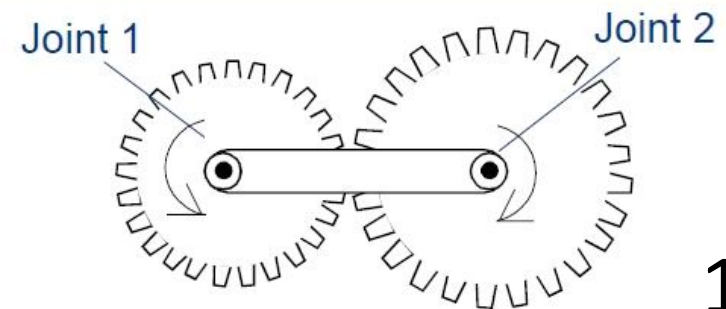
Допустимые типы шарниров: поступательный, вращательный и цилиндрический.

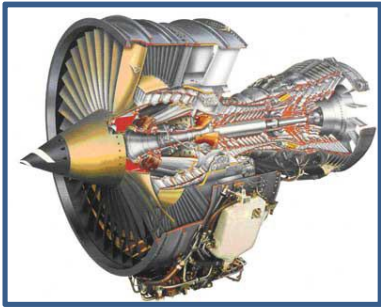


Couplers



Gears





Интерфейс ADAMS/PostProcessor

ADAMS/PostProcessor используется для отображения, анализа и обработки результатов рассчитанной модели

ADAMS/PostProcessor имеет три режима:

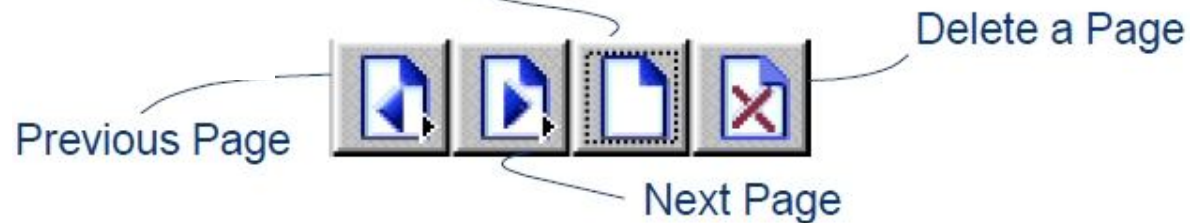
- Работа с анимацией
- Работа с графиками
- Формирование отчётов
- Работа с 3D-графиками (Доступно только для расчётов в модуле ADAMS/Vibration)

Набор инструментов на главной панели меняется при переключении между режимами как показано далее.



ADAMS/PostProcessor tool

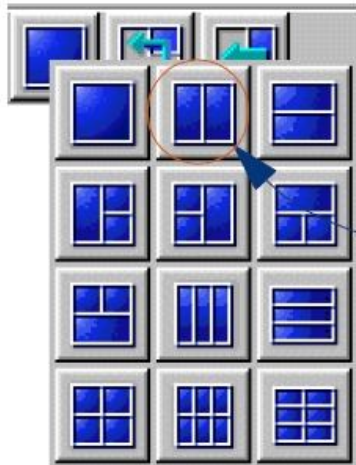
Create a New Page



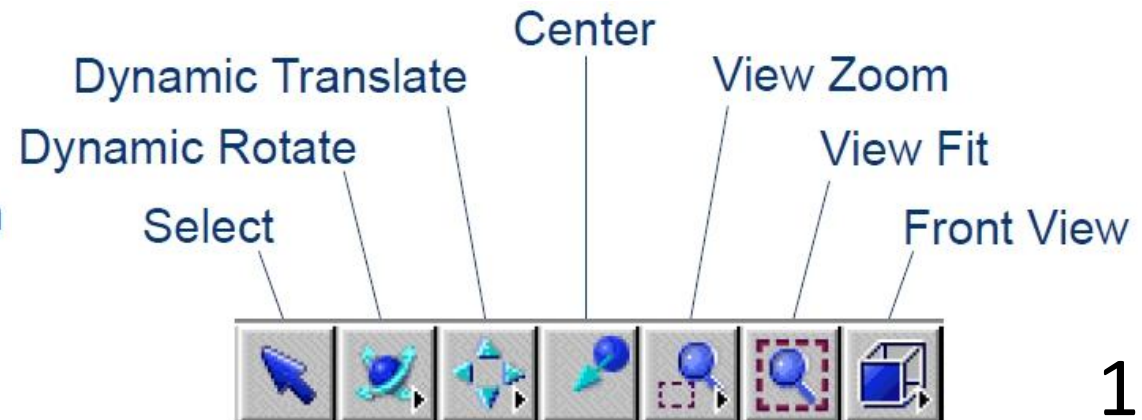
Previous Page

Delete a Page

Next Page



Split Screen



Dynamic Translate

Center

View Zoom

Dynamic Rotate

View Fit

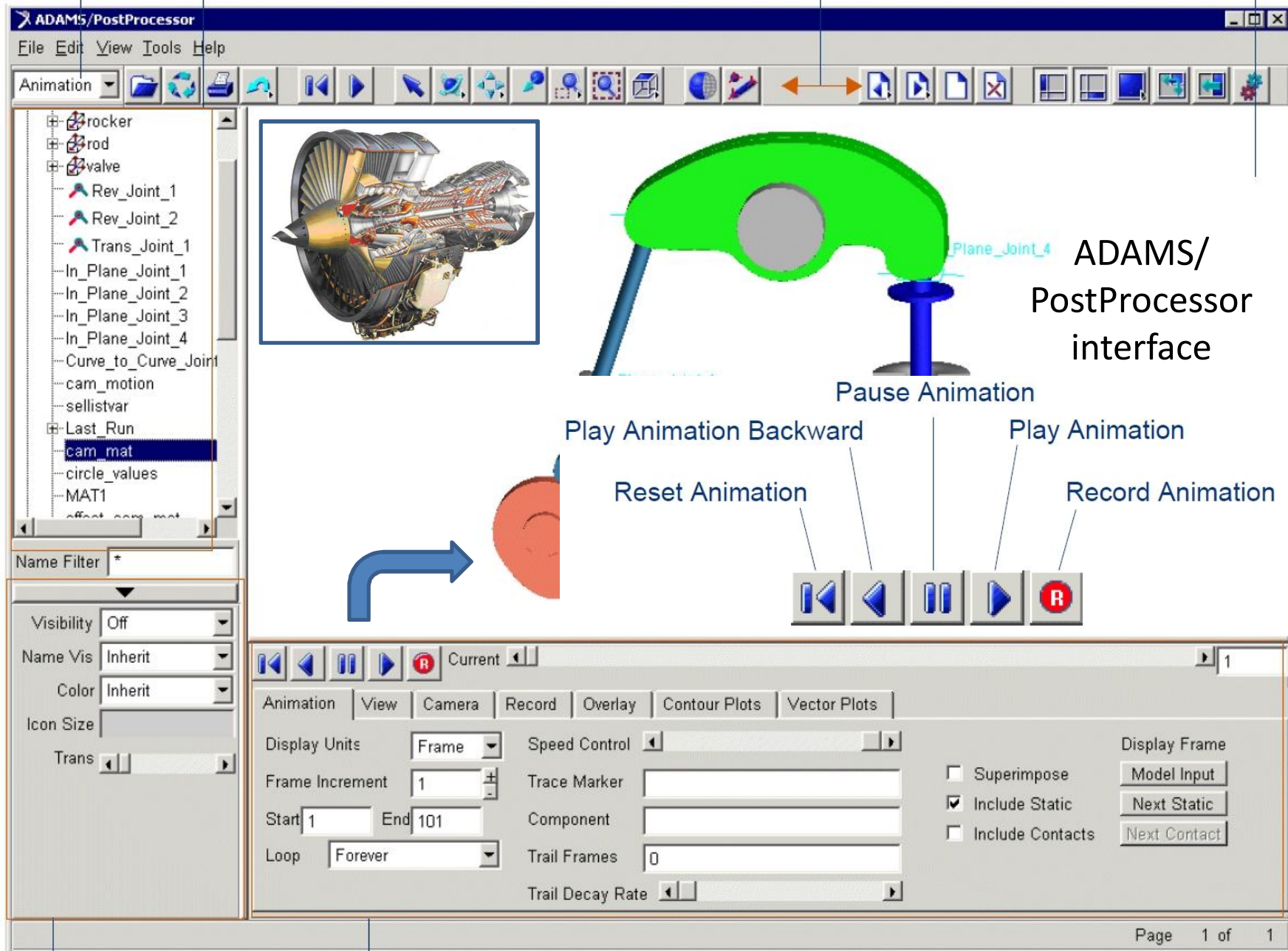
Select

Front View

Mode type Treeview

Main toolbar

Viewport



ADAMS/
PostProcessor
interface

Pause Animation

Play Animation Backward

Play Animation

Reset Animation

Record Animation

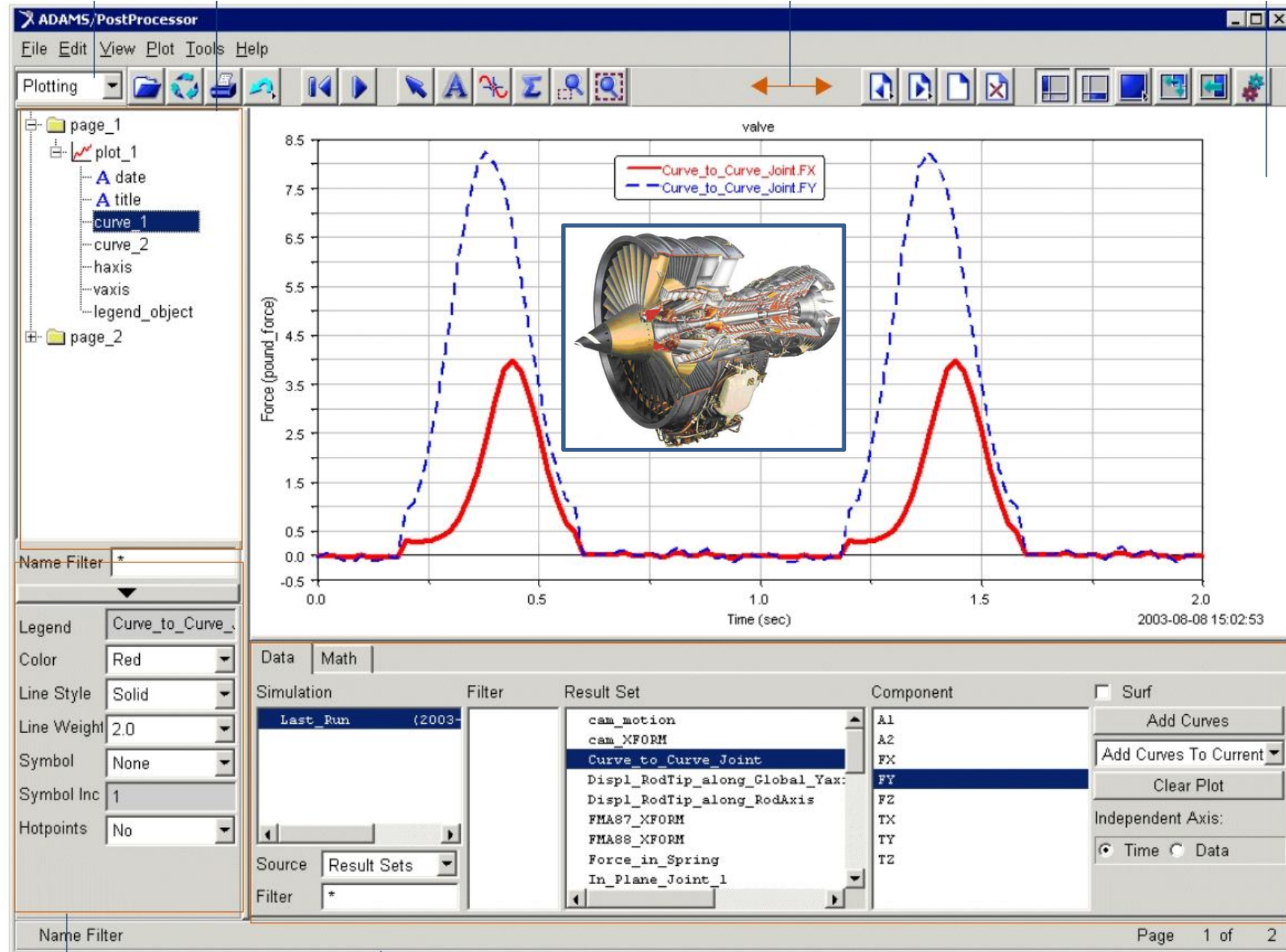
Property editor

Dashboard

Mode type Treeview

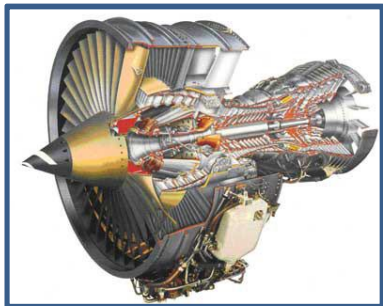
Main toolbar

Viewport



Property editor

Dashboard



Работа с функциями в MSC.ADAMS

Функции используются для задания величин входных векторов следующих объектов:

Генераторов движения

Сосредоточенных **сил и моментов**

Функции могут зависеть от времени или от других параметров модели, таких как перемещение, скорость или реакции.

Каждая функция может иметь только одно значение в каждой точке времени.

Генератор движения может быть только функцией времени.

$$M = f(\text{time})$$

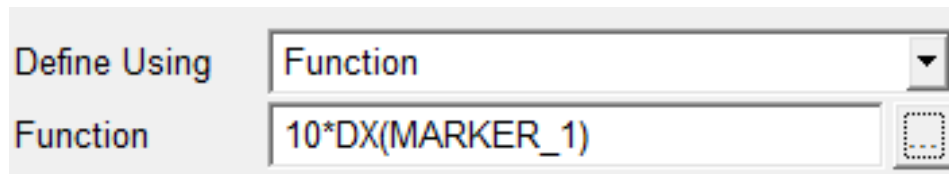
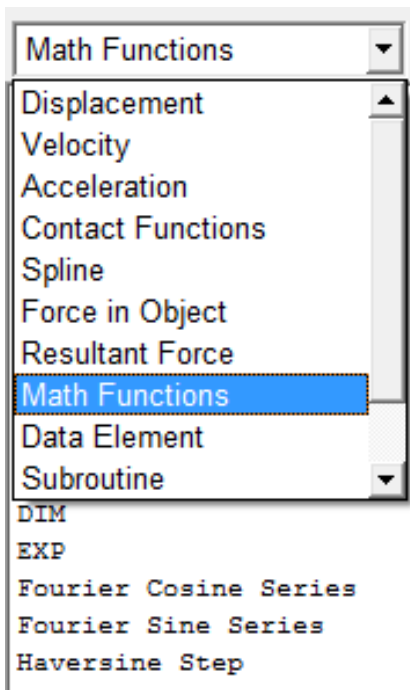
Функции, задающие величину генератора движения, могут быть:

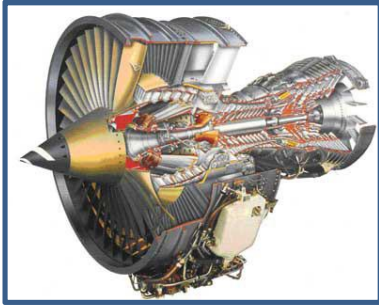
Перемещение (time)

Скорость (time)

Ускорение (time)

Для создания и проверки функций в ADAMS/View есть возможность использования Function Builder. Для запуска Function Builder кликните правой кнопкой мыши в любом текстовом поле, поддерживающем ввод функций.





Задание функций в MSC.ADAMS

Function Builder

Create or Modify a Function Measure

Full names
 Short names
 ADAMS ids

$\text{ATAN}(\text{DZ}(\text{Center, TA_ref})/\text{DX}(\text{Center, TA_ref}))$

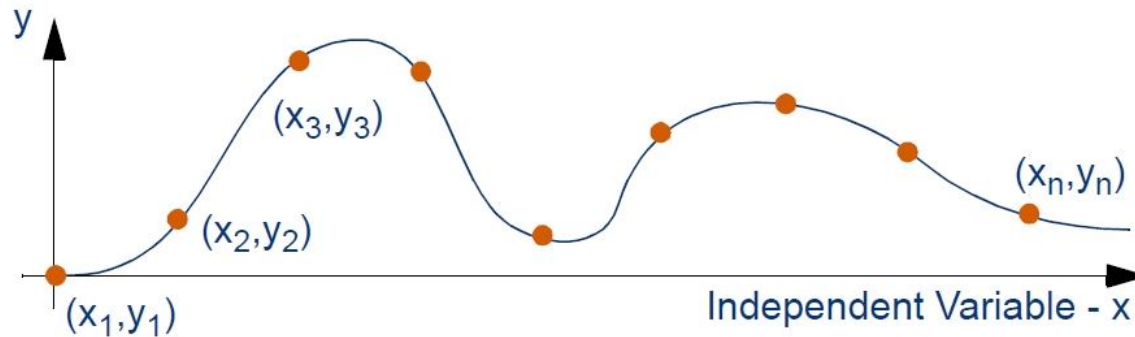
Use the Assist option to help you define the DZ and DX functions

Displacement
 Measure Name

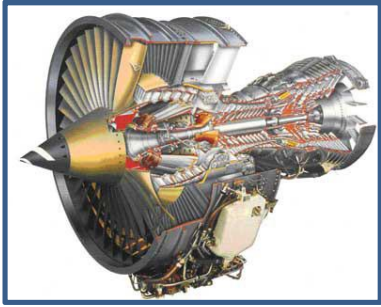
General Attributes	Axis Attributes	Curve Attributes
Units: <input type="text" value="angle"/>	Label: <input type="text"/>	Color: <input type="text"/>
Legend: <input type="text"/>	Type: <input type="text" value="default"/>	Thickness: <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Create Strip Chart	Lower: <input type="text"/>	Line Type: <input type="text" value="default"/>
	Upper: <input type="text"/>	Symbol: <input type="text" value="default"/>

Getting Object Data

DM(To_Marker , From_Marker)



Before selecting **OK**, select **Verify** to check the syntax of your function

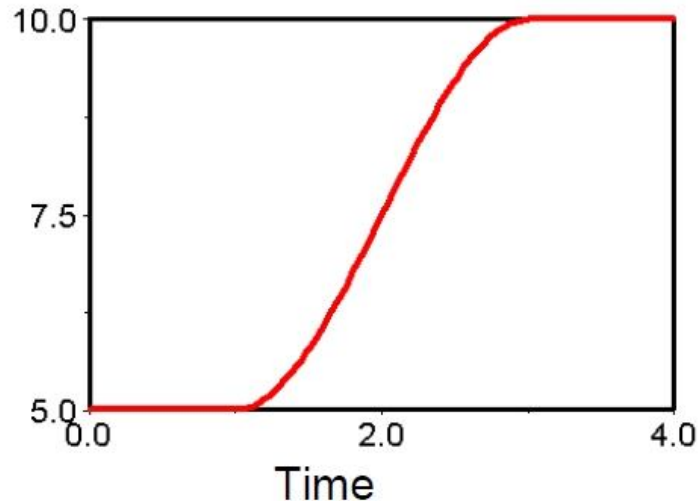


Задание функций в MSC.ADAMS

Задание шаговой функции STEP

В MSC.ADAMS функция STEP аппроксимирует идеальную математическую кусочно-заданную функцию (но без разрывов). Избегайте функций с разрывами, поскольку они вызывают сложности со сходимостью решения.

Функция STEP применима для регулирования величин генераторов движения или сил, их увеличения или уменьшения, включения или выключения. Функция STEP также используется, когда необходимо изменить одно значение константы на другое.



STEP (time, 1, 5, 3, 10)

Синтаксис функции STEP

STEP (q, q₁, f₁, q₂, f₂)

где:

q – независимая переменная

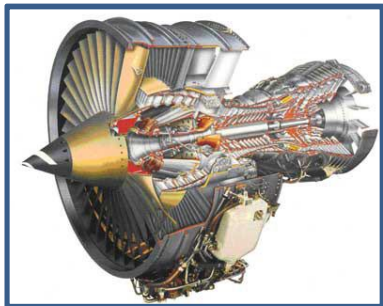
q₁ – начальное значение для q

f₁ – начальное значение для f

q₂ – конечное значение для q

f₂ – конечное значение для f

Примечание: q₁ < q₂



Проведение измерений

Измеритель «точка относительно точки»

Измерение кинематических характеристик одной точки относительно другой точки, например, например скорости или ускорения.

Для их определения нужно указать:

Характеристику (перемещение, скорость или ускорение)

Положение маркера «точка» (маркер I)

Положение маркера «относительно точки» (маркер J, по умолчанию это глобальная система координат)

Представляет координаты в системе координат маркера J

Используются компоненты (x, y, z или модуль вектора)

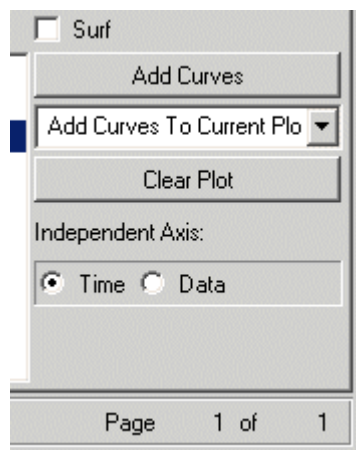
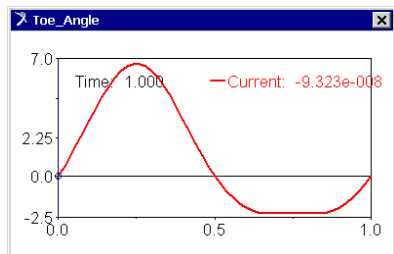
ADAMS/View при обработке использует функции перемещения, скорости или ускорения.

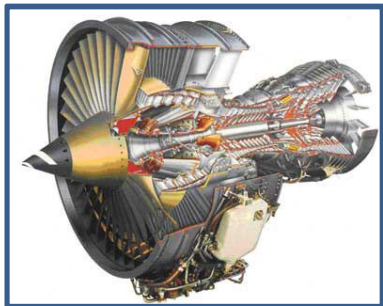
Функциональные датчики (измерители)

Позволяют оценить произвольные, заданные пользователем выражения для интересующих параметров, таких как: скорость потока; аэродинамическое давление; напряжение.

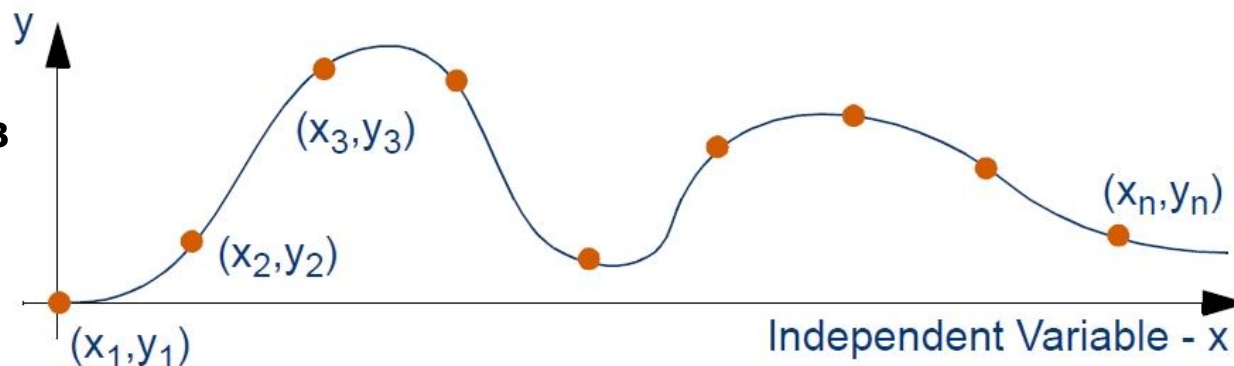
Выражения можно создать, используя Function Builder.

В отличие от других датчиков, функциональные датчики позволяют задавать атрибуты графиков.





Функции сплайнов



Внешние данные, которые можно использовать при моделировании, включают в себя

Эмпирические данные от поставщиков или стандартные таблицы:

Нелинейные податливости (зависимость силы от скорости).

Кривые зависимости крутящего момента от частоты вращения двигателя (или угловой скорости).

Данные, полученные из **экспериментальных исследований** физического прототипа:

Данные акселерометра (зависимость ускорения от времени).

Боковая сила в шине в зависимости от нормальной силы и угла скольжения.

Для **использования данных** в моделировании:

Во-первых, нужно создать сплайн одним из двух способов:

Ввести значения точек вручную в Spline Editor (редакторе сплайнов).

Импортировать test data (внешние данные) из файла.

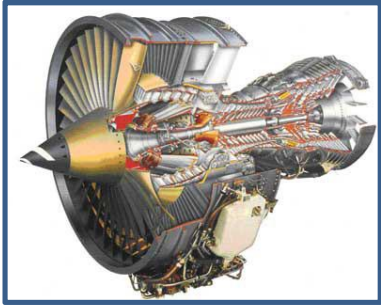
Затем, сплайн через функцию spline задаётся в генераторе движения или силе.

Доступно несколько методов интерполяции (в скобках указана функция):

На основе кубических полиномов (CUBSPL)

Метод Акимы (AKISPL)

Применение B-сплайна (CURVE)



Синтаксис функции AKISPL

AKISPL (x, z, spline, iord)

x – независимая переменная вдоль оси x.

z - необязательно, вторая независимая переменная вдоль оси z, которая указывается при интерполяции поверхности.

spline – название сплайна, использующегося для отображения прямой связи между зависимой переменной (y) от независимых переменных (x или z).

iord – целая переменная, которая определяет порядок производной в интерполируемой точке (обычно 0, но может быть 1 или 2).

Функции CUBSPL и CURVE создаются так же, как функция AKISPL .

Пример функции AKISPL

DM (I, J)	Force
x	y
150	-1000
200	-200
250	-50
300	0
350	50
400	200
450	100

AKISPL (DM(I, J), 0, spline_1, 0)

