



*Экспресс-анализ динамических, кинематических и статических параметров механической системы при помощи прикладной библиотеки Kompas-3D: Универсальный механизм Express.*

В.В.Демченко  
С.В.Масло ассистент

Жизнь без компьютера в современном мире невозможна. Большая часть вещей быта каждого человека либо является компьютерами, либо находится под управлением компьютерных программ. Но жизнь современного высококвалифицированного инженера в полной мере связана с непосредственной работой и разработками на персональном или специализированном компьютере. За прошедшее десятилетие было создано огромное множество прикладных программ и оборудования, помогающих инженеру в его разработках и расчетах, а также ускоряющих непосредственные прикладные расчеты и производство. Одной из таких программ является система КОМПАС-3D и ее прикладная библиотека «Универсальный механизм Express (UMExpress)».

Система Универсальный механизм Express (UMExpress) предназначена для экспресс-анализа динамических, кинематических и статических систем, спроектированных в КОМПАС-3D V8+ и выше, а также для моделирования механических систем. Система ориентирована на инженеров, занимающихся проблемами анализа динамического поведения машин и механизмов. Механизмы описываются как системы твердых тел, шарниров и силовых элементов.

В процессе анализа поддерживается непосредственная анимация движения трехмерной модели в процессе расчета. Для анализа доступны практически все необходимые величины: координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах, усилия в пружинах и т. д.

В систему включены следующие возможности:

- ✓ работа с линейными силовыми элементами или изменяющимся по гармоническому закону, которые выбираются из фиксированной базы моделей;
- ✓ для решения задач кинематики можно задавать равномерное, равноускоренное, равнозамедленное движение либо изменение по гармоническому закону;
- ✓ возможность решения контактных взаимодействий тел, задача решается с условием непересечения тел при кинематическом или динамическом движении.

В системе Универсальный механизм Express доступны:

- ✓ параметризация силовых элементов и кинематических соотношений;
- ✓ создание анимационных файлов по результатам моделирования движения, анимации сохраняются в видеоролике движения в формате \*.avi;



построение графиков любой динамической или кинематической характеристики;

- ✓ расчет положений равновесия и собственных частот модели в зависимости от параметров.

Визуализация работы и результатов библиотеки создается в отдельном окне, и пользователю предоставляется возможность получать визуальную информацию о движении объекта и о его динамических и кинематических характеристиках непосредственно в процессе моделирования.

Широкий перечень шарниров дает возможность создавать кинематические схемы механизмов практически любой сложности. Доступны следующие типы шарниров (кинематических пар): поступательный, вращательный, карданов, сферический, шесть степеней свободы.

Предполагается, что моделируемая система твердых тел является связанной, то есть каждое тело в системе связано посредством шарнира, по меньшей мере, с одним другим телом системы или с базовым телом. Это очень важное условие, автоматически контролируемое программой.

В системе Универсальный механизм Express предусмотрены следующие методы анализа динамических моделей:

1. Кинематический и динамический анализы механизмов путем интегрирования автоматически синтезируемых уравнений движения с расчетом всех основных кинематических и динамических характеристик.

2. Линейный анализ механизмов[3,23].

Механическая система - это объект или система тел, которая состоит из отдельных типовых элементов, сгруппированных в списки. Каждый список содержит элементы одного типа, например списки тел, шарниров, биполярных силовых элементов и т. д.

При импорте сборки (механической системы) из системы КОМПАС-3D V9 (рис.1) в систему UMExpress для каждой детали автоматически создается тело: назначается Связанная система координат (ССК), определяется положение центра масс и моменты инерции, относительно базовой СК создается графический объект (ГО).

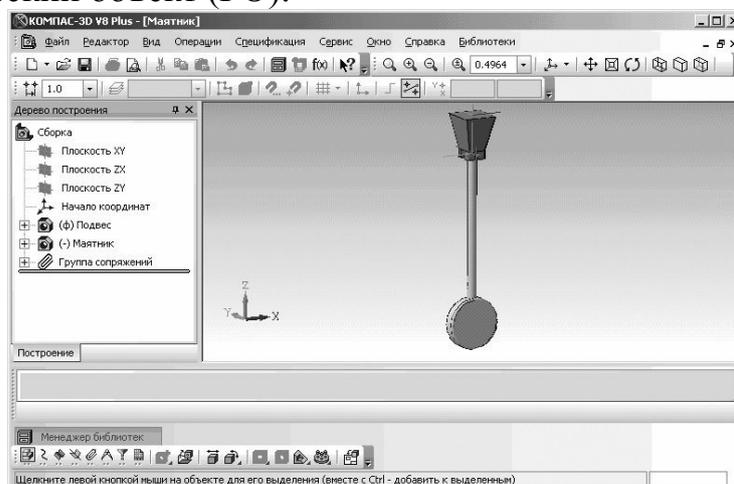


Рис.1.Механическая система в среде КОМПАС-3D.

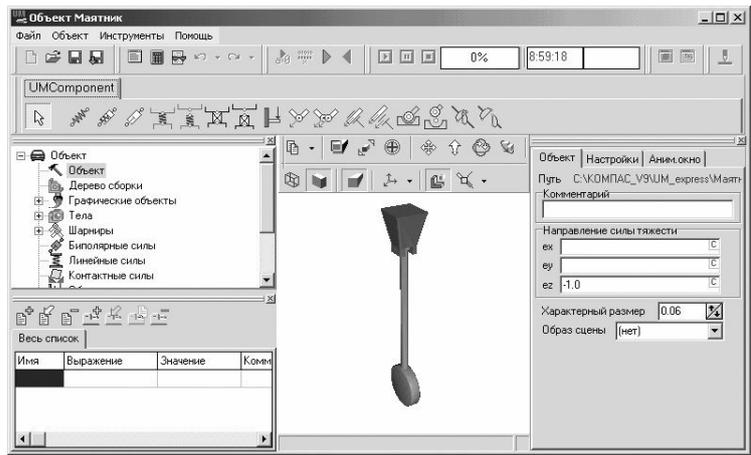


Рис.2. Механическая система в среде UMExpress.

Для начального знакомства с системой Универсальный механизм Express рассмотрим процесс моделирования маятника. Для моделирования маятника необходимо вначале создать соответствующую трехмерную модель в системе КОМПАС. После этой процедуры необходимо конвертировать активную сборку КОМПАСа в динамический объект UMExpress.

В результате конвертации сборки в динамическую библиотеку UMExpress создана готовая модель физического маятника, содержащая два тела с полученными от КОМПАСа значениями инерционных параметров, а также шарнир с одной вращательной степенью свободы (рис.2). Из активных сил на тела системы действуют только силы тяжести, автоматически направленные против оси Z[2,19].

Вначале проводится кинематический и динамический анализы параметров выбранной модели, в частности, исследования незатухающих колебаний маятника. Посредством увеличения шарнирной координаты и запуском моделирования видим соответствующую картинку (рис.3).

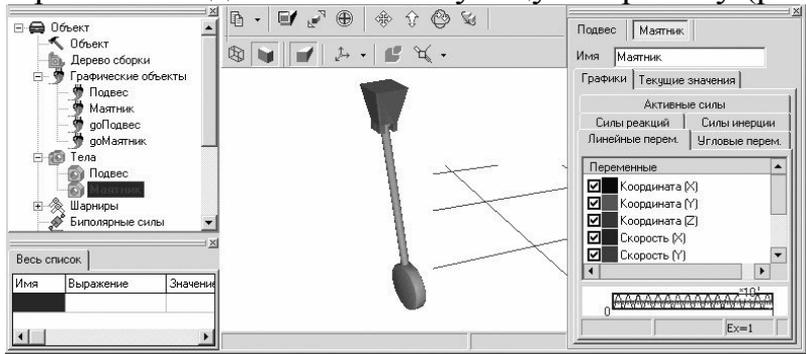


Рис.3. Незатухающие колебания маятника.

В правом нижнем углу находятся графические результаты моделирования незатухающих колебаний маятника, которые можно увидеть более крупным масштабом (рис.4).

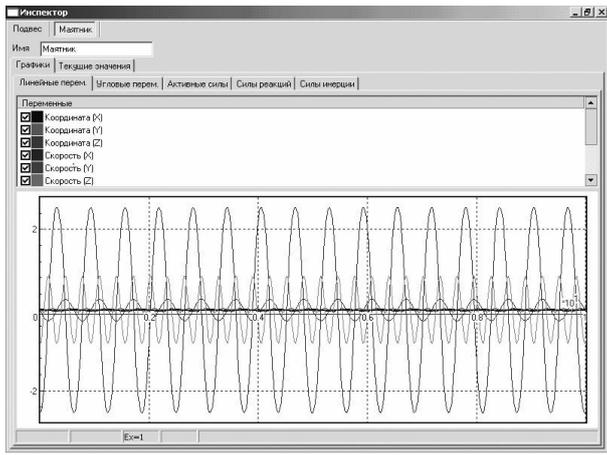


Рис.4.Графические результаты моделирования незатухающих колебаний.

Далее, подобным образом, моделируется равноускоренное вращение маятника, но с помощью дополнительных идентификаторов. Для этого в шарнире, в окне параметров функции движения, задаются переменные  $v_0$  и  $a$  идентификаторами  $\Omega$  и  $\epsilon$ , а также соответствующими значениями  $1$  и  $0$  (рис.5).

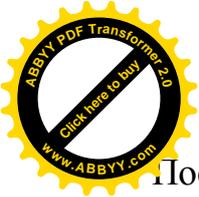
Имя	Выражение	Значение	Комм
omega0	0		
epsilon	1		

Рис.5.Список идентификаторов равноускоренного движения.

Также проводится моделирование затухающих колебаний. Для этого также в окне параметров функции движения задается значение «Степень свободы включена», а в списке идентификаторов создается соответствующая таблица (рис.6).

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
cstiff	1		Коэффициент жесткости
alpha0	0		
omega0	10		Начальная угловая скорость
epsilon	0		Угловое ускорение
Beta	0.2		Доля демпфирования от критической
l	0.08412		Расстояние от оси подвеса до центра масс
m	0.052158		Масса
iy_c	5.01500E-0005		Центральный момент инерции
Iy	iy_c+m*l^2	0.000419229	Осевой момент инерции
f	sqrt(cstiff/Iy)/(2*pi)	7.7731	Приближенное значение частоты
cdiss	2*Beta*sqrt(cstiff*Iy)	0.00819003	Коэффициент диссипации

Рис.6.Список идентификаторов затухающих колебаний.



После моделирования просматриваются графические результаты (рис.7).

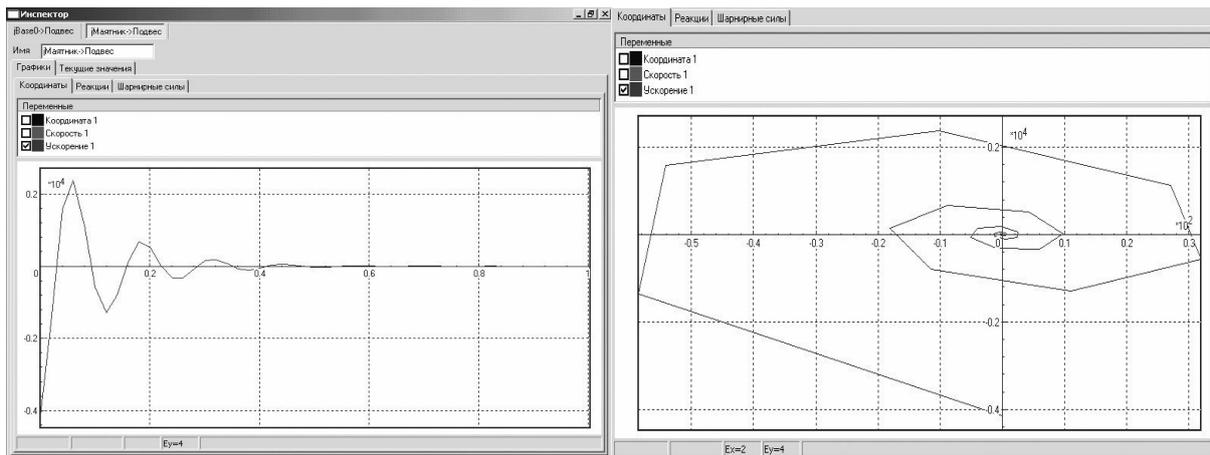


Рис.7.Графические результаты моделирования затухающих колебаний.

Определяется шарнирный упруго-диссипативный момент  $M$  по формуле  $M = -c*(x - x_0) - d*v$ . Данные для определения момента берутся из МЦХ модели в среде КОМПАС-3D, а также из простых теоретических расчетов.

Система UMExpress широко применима, как было сказано выше, в расчете и анализе динамического поведения машин и механизмов. В частности начиная с самых простых (маятники, крепежи, износ мелких деталей) и заканчивая самыми крупными (нагрузка ж/д составов, морских нефтедобывающих платформ и т.д.). Спектр объектов исследования и функций системы UMExpress очень широк и поэтому каждый инженер высокой квалификации и уровня обязан владеть навыками расчета и исследования механических систем в данном приложении[1,150].

#### Список использованных источников

1. Кудрявцев Е. М «КОМПАС-3D. Моделирование, проектирование и расчет механических систем», М., 2008.
2. «Универсальный механизм 6.0 Механическая система как объект моделирования. Руководство пользователя», 2010.
- 3.Kraus P.R., Fredriksson A., Kumar V.S Modeling of frictional contacts for dynamic simulation, 1997.