



Новый продукт АСКОН. Кинематический и динамический анализ моделей КОМПАС-3D

Д.Ю.Погорелов, В.Ю.Каширский

Не секрет, что исследование динамики и кинематики многих изделий, таких как машины и механизмы, транспортные средства, роботы, космические аппараты сложной конфигурации, является необходимым и одним из наиболее важных этапов проектирования. Анализ поведения механизмов уже на стадии проектирования существенно сокращает затраты и время при последующих натурных испытаниях.

В настоящее время на рынке САПР данное направление представлено довольно большим числом универсальных программ. Все программы такого типа автоматизируют процесс формирования уравнений движения конкретной механической системы на основе описания инерционных, геометрических, кинематических параметров, моделей силовых взаимодействий, выбранных или заданных пользователем. Для дальнейшего исследования динамики объекта используются численные методы анализа уравнений движения.

По нашему мнению, широкому использованию программ данного типа препятствуют вы-

сокие требования, предъявляемые к уровню владения пользователем сложными разделами механики, в частности теоретической, усложненный интерфейс и методики создания динамических моделей, в то время как конструкторам зачастую достаточно провести собственный несложный и быстрый динамический анализ, чтобы принять правильное решение.

Новая библиотека «Универсальный механизм Express», разработанная специалистами АСКОН и Лаборатории вычислительной механики (г.Брянск), призвана повысить эффективность конструкторской работы при проектировании механических изделий в системе КОМПАС-3D.

Библиотека «Универсальный механизм Express» разработана для системы КОМПАС-3D. Она предоставляет пользователю набор инструментов для получения динамического объекта — системы тел — и последующего анализа его динамических, кинематических и статических свойств.

Понимая важность и сложность проблем, связанных с моделированием динамики сис-

тем тел, создатели библиотеки преследовали следующие цели:

- упростить процесс создания динамических моделей и их численного анализа, сделав доступным моделирование динамики систем тел широкому кругу инженеров-исследователей и конструкторов;
- максимально приблизить интерфейс программы моделирования динамики систем тел к привычному для конструктора интерфейсу САД-программ;
- подготовить массового пользователя к работе с более сложными и функционально полными программами.

Библиотека построена на расчетном и интерфейсном ядре основной программы (UM Base — подробнее о ней читайте во врезке), однако в ее структуру и базу силовых элементов внесены доработки, благодаря которым приложение становится незаменимым инструментом конструктора-механика.

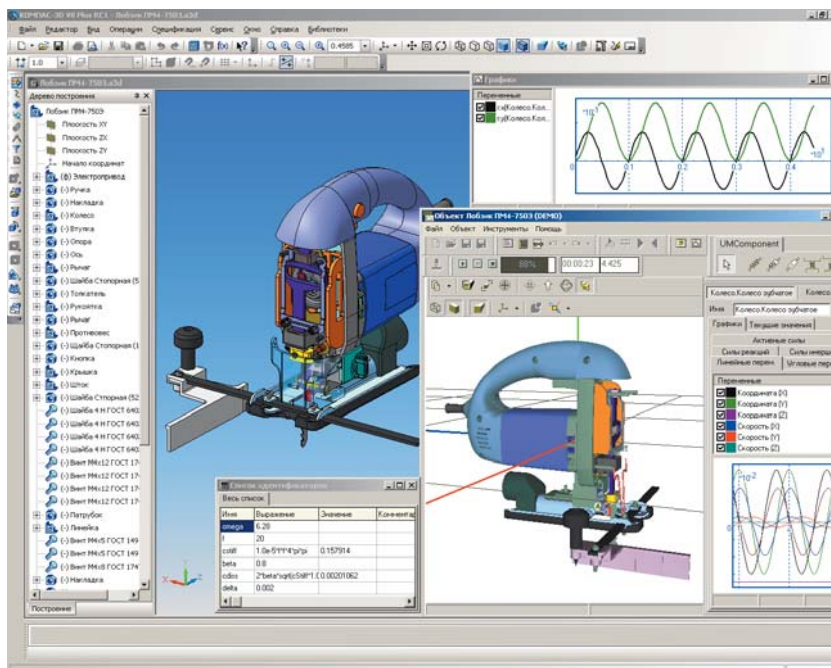
Работа с библиотекой включает три основных этапа: создание модели в КОМПАС-3D, создание динамического объекта в библиотеке и собственно анализ модели.

Создание трехмерной сборки в системе КОМПАС-3D

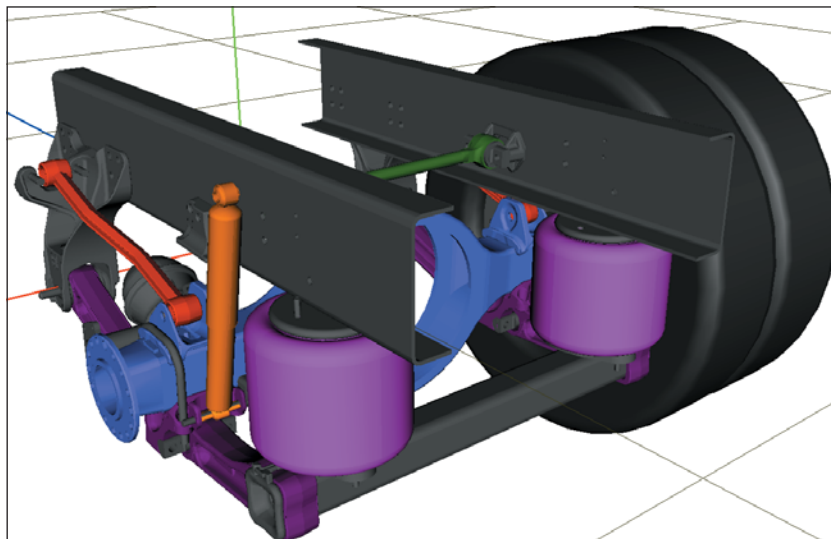
На данном этапе важно создавать сборки, используя стандартные сопряжения таким образом, чтобы облегчить последующее преобразование сборки механизма в динамическую систему тел. При проектировании в системе КОМПАС-3D важно наложить ровно столько сопряжений, сколько необходимо для работы механизма. Кроме того, если пользователь планирует работать с кулачками, то на данном этапе возможно назначение текстовых атрибутов элементам сборки для их автоматической идентификации библиотекой. Это относится и к точкам связи, которым в последующем планируется назначение шарниров или силовых элементов.

Создание динамического объекта

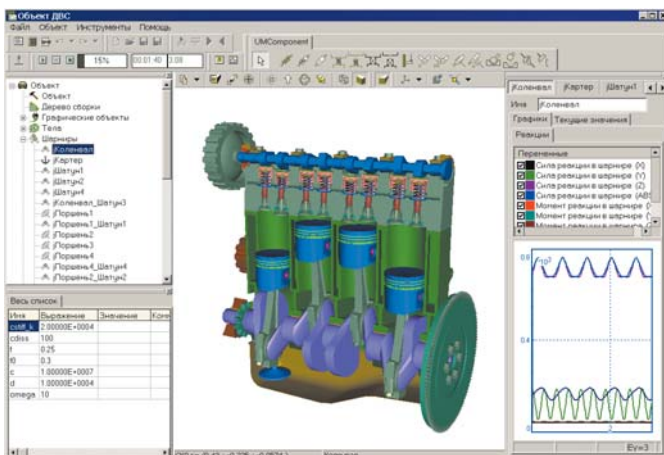
Автоматически конвертируются графические объекты и читаются инерционные параметры деталей, распознанные группы сопряжений преобразуются в шарниры (поступательные, вращательные и пр.). На данном этапе также



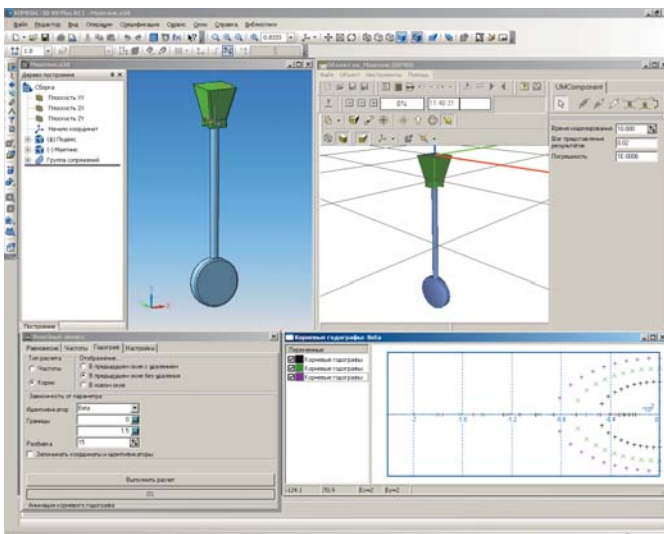
Общий вид на примере анализа механизма лобзика



Пример моделирования подвески грузовика. Амортизатор (оранжевый) моделируется биполярным элементом, а пневморессоры (фиолетовые) — обобщенным линейным силовым элементом



Анализ динамики ДВС в «Универсальном механизме Express»



Расчет и вид анализа корневых годографов

осуществляется доработка моделей, включающая преобразование дерева сборки в набор тел путем объединения деталей в тела. Это необходимо для упрощения дальнейших работ по анализу. Например, если в конструкции присутствует большое количество стандартных деталей (болты, гайки, шайбы), то, объединив их с основными деталями, мы существенно упростим расчет, инерционные же параметры останутся неизменными. Библиотека «Универсальный механизм Express» позволяет на основе сборок КОМПАС-3D создавать модели объектов, состоящих из неограниченного числа абсолютно твердых тел.

Следующим шагом данного этапа является доработка кинематической схемы путем визуального добавления шарниров. В библиотеке доступны следующие типы шарниров (кинематических пар):

- поступательный — определяет перемещение деталей в заданном направлении;
- вращательный — при этом осуществляется вращение вокруг одной оси;
- карданный — обеспечивающий вращение двух валов под переменным углом;
- сферический — в данном типе шарнира доступны только повороты во всех направлениях;
- с шестью степенями свободы — разрешено перемещение во всех направлениях.

Данный перечень шарниров позволяет создавать кинематические схемы механизмов практически любой сложности.

После того как все шарниры определены, пользователю остается установить только силовые элементы и задать силовые взаимодействия.

Вот типы силовых элементов, реализованные в «Универсальном механизме Express»:

- сила тяжести. Используется модель однородного поля силы тяжести (ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$);
- шарнирные силы и моменты с возможным гармоническим возбуждением для каждой из введенных (поступательной и вращательной) степеней свободы;
- биполярные линейные элементы с опциональным добавлением гармонических возбуждений. Данные элементы применяются для решения различных задач: моделирование гасителей колебаний, всевозможных поводков, автомобильных амортизаторов;
- обобщенные линейные силовые элементы (пружины, работающие в нескольких направлениях — на сжатие, сдвиг, кручение). Данные элементы применяются для решения различных задач: проектирования разного рода подвесок, резинометаллических опор, резиновых прокладок и пр.;
- могут также задаваться кулачковые механизмы, обеспечивающие контактные взаимодействия тел.

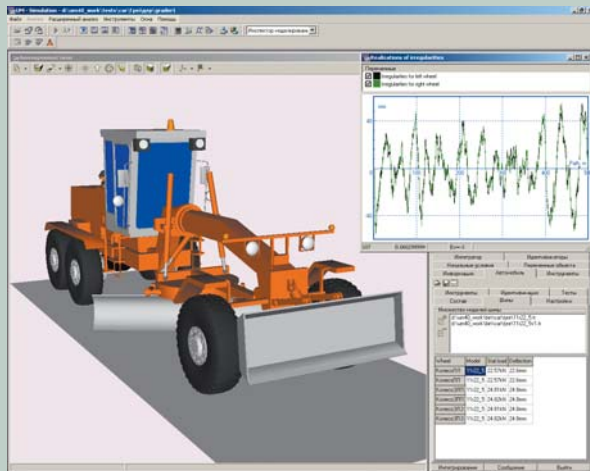
Предусмотрена полная параметризация кинематических соотношений и силовых элементов. Кроме того, в библиотеке возможно



Общие сведения о программном комплексе UM

В этом году между компанией АСКОН и Лабораторией вычислительной механики было заключено партнерское соглашение на разработку совместного решения «Универсальный механизм Express» и распространение системы UM Base.

Работы над программным комплексом «Универсальный механизм (UM)» ведутся в Брянском государственном техническом университете (БрГТУ) с конца 80-х годов прошлого столетия.



Исследование динамики автогрейдера ГС-18-05 с помощью UM Automotive

Первоначально программа была ориентирована на моделирование общих систем абсолютно твердых тел без учета их особенностей. В 1992-м была начата разработка модуля моделирования динамики рельсовых экипажей UM Loco, включающего современные модели взаимодействия колеса с рельсом и учитывающего другие особенности объекта исследования. К настоящему времени разработчиками UM Loco и пользователями программы создано более 30 моделей электровозов, тепловозов, грузовых и пассажирских вагонов и других рельсовых экипажей (см. рисунок). В этом году разработчики UM создали в БрГТУ Лабораторию вычислительной механики, основной задачей которой является дальнейшее развитие программного комплекса.

В настоящее время в программу UM входит несколько специализированных модулей моделирования динамики технических систем, таких как автомобили (UM Automotive), гусеничные машины (UM Caterpillar), поезда (UM Train), дискретные среды (UM Ballast). Расширение круга решаемых задач достигается также за счет создания интерфейсов с программами МКЭ, в частности с ANSYS, для моделирования гибридных систем, включающих как абсолютно твердые, так и деформируемые тела (UM FEM). Разработан интерфейс с Matlab/Simulink, позволяющий моделировать в среде UM электромеханические системы и системы управления (UM Control). Производительность процесса исследования динамики существенно повышается при использовании модуля сканирования и оптимизации (UM Optimization) и связанной с ним службы распределенных вычислений (UM Cluster). Совместно с Институтом проблем механики РАН и ФГУП ВНИИЖТ МПС ведется разработка методов и программного модуля прогноза износа колеса и рельса, а также деталей машин (UM Wear).

преобразование поступательных и вращательных движений в соответствии со степенями свободы в заданные функции времени (гармонические, равномерные, равноускоренные движения) для решения задач кинематики.

Анализ модели

Итак, какие же методы анализа предусмотрены в «Универсальном механизме Express»?

В первую очередь это кинематический и динамический анализ механизмов путем решения автоматически синтезируемых уравнений движения с расчетом всех основных кинематических и динамических характеристик:

- координат, скоростей и ускорений центров масс тел;
- шарнирных координат, скоростей и ускорений;
- угловых скоростей и ускорений тел;
- сил реакций в шарнирах;
- сил в активных силовых элементах (в пружинах, гасителях и пр.);
- сил и моментов сил инерции для всех тел.

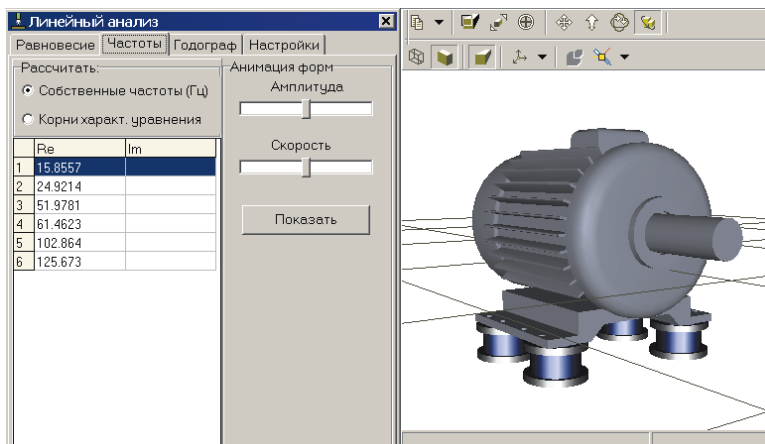
Кроме того, возможен линейный анализ механизмов, который включает:

- расчет положений равновесия, значений координат и сил реакций в зависимости от параметров силовых элементов;

- расчет собственных частот и форм колебаний, корней характеристических уравнений и динамических форм; определение степени демпфированности системы по динамическим формам; определение устойчивости положений равновесия;
- расчет корневых годографов (корней характеристических уравнений в зависимости от параметров), расчет собственных частот в зависимости от параметров.

Хочется добавить, что в состав «Универсального механизма Express» входит около двух десятков примеров динамических моделей, иллюстрирующих возможности библиотеки в области моделирования кинематики и динамики подвесок автомобилей, двигателей, роботов, механизмов и машин. Кроме того, справочная система содержит подробное введение в моделирование и пошаговые инструкции ко всем этапам создания и исследования моделей, что существенно облегчает освоение данной системы.

Таким образом, библиотека предоставляет пользователям КОМПАС-3D простой в применении и достаточно развитый инструмент быстрого анализа кинематических и динамических свойств механизмов. Совместимость файлов описания динамических моделей с UM Base позволяет при необходимости использовать значительно более широкие возможности этой программы для углубленного исследования моделей. ▶



Расчет собственных частот и форм колебаний мотора