

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ 6.0



Введение

Руководство пользователя

2010

ВВЕДЕНИЕ

Программный комплекс «Универсальный механизм» (УМ) предназначен для автоматизации процесса исследования механических объектов, которые могут быть представлены системой абсолютно твердых или упругих тел, связанных посредством кинематических и силовых элементов. К объектам такого типа относятся, например, автомобиль, локомотив, вагон, манипуляторы робота и экскаватора, различные машины и механизмы.

Использование при моделировании лишь абсолютно твердых тел, конечно, накладывает определенные ограничения на класс задач, которые могут быть решены с помощью УМ, но все-таки этот класс достаточно велик по объему. Фактически, возможности комплекса распространяются на большую часть систем, являющихся объектом применения методов теоретической и прикладной механики. С использованием УМ решаются прямые и обратные задачи кинематики, динамики и управления. Механическая система может быть как плоской, так и пространственной. Практически отсутствуют ограничения на число тел в системе.

Для сложных механических систем с большим числом тел серьезной проблемой является не только анализ уравнений, но и их вывод и даже описание структуры объекта. Комплекс УМ позволяет полностью автоматизировать эти операции, что кардинальным образом повышает производительность труда исследователя. Если объект содержит более двух десятков тел, то даже ввод традиционных данных для описания его инерционных и кинематических свойств сопряжен со значительными затратами времени. Реализованный в УМ метод подсистем в значительной степени упрощает эту процедуру, особенно в случаях, когда анализируется техническая система, содержащая несколько типовых подсистем. Грубо говоря, если моделируется поезд, состоящий из локомотива и двадцати одинаковых вагонов, то ввод данных необходим лишь для локомотива и одного вагона. В свою очередь, локомотив (да и вагон тоже) можно разделить на отдельные подсистемы, некоторые из которых будут одинаковыми (кинематически тождественными, используя более строгую терминологию). Из одинаковых подсистем следует описать лишь одну, что позволяет экономить время и избежать значительного числа ошибок.

УМ широко использует современные методы компьютерной графики как для анимационного представления движения в процессе численного решения уравнения, так и при обработке результатов. При визуальном вводе объекта отдельные его элементы помещаются в окно конструирования и переносятся в нем с помощью мыши. В УМ эти возможности отсутствуют, поскольку используется *параметризация* большинства элементов, в том числе их размеры и положения, то есть задание соответствующих значений не в численной форме, а выражениями. Параметризация данных является мощным инструментом, позволяющим упростить процесс изменения значений величин и выполнить их оптимизацию. Вместе с тем, параметризация препятствует визуальному вводу данных.

Уравнения движения объекта выводятся специальным модулем программы в символической или численной форме. Для некоторых задач объем уравнений настолько велик, что не только невозможно получить уравнения «вручную», но и смотреть на них особого смысла нет. Например, уравнения движения робота с шестью вращательными степенями свободы уравнения движения составляют несколько страниц текста, поэтому теряет смысл их анализ методом «всматривания». Таким образом, пользователь комплекса лишь описывает систему по определенным несложным правилам, а все остальное делается автоматически.

В процессе создания комплекса авторы, с одной стороны, опирались на знание известных современных методов численного моделирования механических систем, с другой стороны, разработали ряд новых методов и алгоритмов, значительно повышающих эффективность программы практически во всех ее разделах. К основным алгоритмам, авторский приоритет на которые защищен публикациями, можно отнести следующие:

- алгоритм оптимизационного анализа систем с замкнутыми кинематическими цепями;
- обобщенные модели кинематических связей;
- метод экономичного кодирования символьных выражений уравнений движения;
- метод подсистем и алгоритмы оптимального численного решения уравнений движения большой размерности;
- эффективные модификации многошаговых методов Адамса, BDF и Парка для прямого решения дифференциально-алгебраических уравнений движения.

Разработка и реализация в УМ новых алгоритмов, повышающих эффективность процесса моделирования на всех его этапах: ввод и предварительная обработка данных, синтез уравнений движения, их численное решение и последующий анализ, позволили воплотить в УМ два основных принципа, лежащих в основе идеологии комплекса. Это – принципы универсальности и многоуровневой оптимизации. Реализация первого принципа определила широту области приложения комплекса: от моделирования задач классической динамики, например динамики твердого тела, до локомотивов и автомобилей. От кинематики плоских рычажных механизмов до динамики пространственных космических ферменных конструкций, содержащих сотни тел. От колебаний груза на пружине до решения прямой и обратной задач управления манипулятором робота.

Научиться работать с УМ несложно. Благодаря тому, что вся математика «спрятана» внутри комплекса, это доступно студентам и даже школьникам старших классов. Вместе с тем, для этого необходимо приложить определенные усилия. Как и любая сложная структура, УМ имеет свою идеологию, свою «среду обитания», если хотите, свой язык. Определенных усилий потребует также изучение основ программирования в среде УМ, часто необходимого при использовании программы для моделирования сложных технических систем. Для ознакомления со средой обитания УМ и служит настоящее руководство.

Руководство пользователя УМ написано в виде более или менее связного текста, то есть в той последовательности, в которой, по мнению авторов, наиболее просто воспринять возможности комплекса. По этой причине рекомендуется хотя бы один раз, бегло, ознакомиться со всем содержанием руководства как обычной «сплошной» рукописи. Руководство пользователя состоит из двух основных частей: научное введение в методы компьютерного моделирования систем тел (глава 2) и собственно руководство по использованию программы (главы 1, 3–19). Изучение научного введения поможет пользователю полнее использовать возможности УМ, но требует определенных усилий, которые будут компенсированы лучшим пониманием особенностей алгоритмов, реализованных в программе.

Наконец, как и любая сложная конструкция, созданная человеком, УМ имеет недостатки и просто ошибки. Как говорится, в любой сколь угодно малой программе найдется, по меньшей мере, одна ошибка. Авторы будут чрезвычайно признательны, если вы сообщите о таких явлениях, прислав соответствующий файл данных или описав последовательность действий, вызвавших появление ошибки. Кроме того, УМ быстро развивается и совершенствуется. Если вам необходимо расширение его возможностей, также обращайтесь к разработчикам.

Желаю успешной работы.

Д.Ю. Погорелов

Россия, 241035, Брянск, бульв. 50-летия Октября, 7
Брянский государственный технический университет
Лаборатория вычислительной механики

e-mail: um@umlab.ru
web: www.umlab.ru
тел., факс: +7 4832 568637