

2009

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ UM 5.0



Лаборатория вычислительной механики
Брянский государственный
технический университет
Брянск, Россия

В настоящем документе рассматриваются новые возможности, реализованные в программном комплексе «Универсальный механизм» версии 5.0. Некоторая часть описанных ниже новых функциональных возможностей была опубликована уже в промежуточных версиях 4.x, однако большая их часть доступна именно в новой версии UM 5.0.

Контактная информация:

Лаборатория вычислительной механики
Брянский государственный технический университет
Россия, 241035, г. Брянск, бульв. 50-летия Октября, 7
Тел., факс: +7 (4832) 568637
E-mail: um@umlab.ru
Web: http://www.umlab.ru/index_rus.htm

UM Base

Новые возможности описания моделей в программе UM Input

1. Добавлен механизм подключения внешних библиотек (DLL) к «Универсальному механизму». Используется для создания математических моделей сил, которые невозможно описать с помощью встроенных силовых элементов. Для разработки собственных библиотек пользователь может использовать любую инструментальную среду и любой компилятор, которые поддерживают создание динамически загружаемых библиотек (DLL).
2. Введен новый тип силового взаимодействия пары тел «Скалярный момент». Силовой элемент вводит момент, действующий при повороте второго тела относительно оси, фиксированной по отношению к первому телу. Список математических моделей, описывающих изменение момента в зависимости от угла поворота и угловой скорости, совпадает со списком моделей шарнирных сил.
3. Новые типы контактных сил:
 - Добавлен расчет контактных взаимодействий по графическому образу тел. В настоящей версии поддерживаются произвольные выпуклые замкнутые многогранники.
 - Добавлен контактный элемент точка-кривая с расширенными возможностями задания пространственно кривой.
 - Расширена функциональность контактная силы типа «Окружность» / «Сфера» - «Z-поверхность». Теперь «Z-поверхность» может быть описана графическим элементом, например, импортированным из внешней CAD-программы.
4. Новые типы скалярных силовых элементов:
 - «Удар» – силовой элемент, моделирующий ограничение движения при сжатии или растяжении.
 - «Библиотека (DLL)» – модель силы программируется пользователем в виде DLL с помощью документированного шаблона. Для модуля UM Loco

поставляется библиотека силовых элементов данного типа, описывающая типовые модели российских поглощающих аппаратов.

5. Введено понятие списка переменных, мощного инструмента описания зависимостей от времени, координат, положений и скоростей тел, задания Z-поверхностей и так далее. Подобно списку идентификаторов, список переменных позволяет программировать сложные выражения и использовать их для задания сил и графических образов, существенно увеличивая возможности моделирования.
6. Для описания переменных в п. 5, зависящих от положений пары тел пользователю стали доступны большое число (22) стандартных функций среди которых
 - *coordinate* – получить значение координаты и ее производных по времени по имени шарнира и номеру координаты;
 - *dm, vm, wm* – расстояние между заданными точками пары тел, первая и вторая производные от расстояния;
 - *dx, dy, dz* – проекции на оси заданной СК вектора, соединяющего точки пары тел;
 - *yaw, roll, pitch* – углы поворота СК одного тела относительно СК другого.
7. T-силы, скалярные силы и моменты типа *Выражение* теперь могут зависеть не только от времени, но и от положений и скоростей тел. Математические модели сил строятся с использованием списка переменных (см. п. 5).
8. Скалярные силы типов «*Поточечные (числа)*» и «*Поточечные (выражения)*» теперь могут зависеть не только от координаты, скорости или времени, но и от сформированной пользователем переменной (см.п. 5). В частности, это позволяет задавать газовые силы в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания с помощью развернутых индикаторных диаграмм. С этой же целью введен ключ «*Периодическая зависимость*».
9. Добавлен новый тип шарнира «*Постоянная скорость*», задающий равные угловые скорости паре связанных валов, наклоненных друг к другу.
10. При описании шарнира с шестью степенями свободы введено понятие шарнирных систем координат, положение которых относительно СК каждого из тел может быть произвольно и полностью параметризовано, включая углы поворота. Степени свободы вводятся как смещения локальной СК второго тела относительно локальной СК первого. В предыдущей версии UM локальные СК получались поступательными сдвигами относительно СК тел. Тем самым возросла общность описания шарнира и, в частности, можно вводить степени свободы относительно наклонных осей.
11. Введена функция конвертации шарниров типов «*Вращательный*», «*Поступательный*», «*6 степеней свободы*» к типу «*Обобщенный*», чтоб позволяет модифицировать модель, усложняя описание шарнира. В частности, после конвертации шарнира типа «*6 степеней свободы*» можно задать шарнирные силы по степеням свободы.
12. Введено новое понятие «*Ground*» – это фиктивное тело без инерционных параметров и графического образа, содержащее внутренний шарнир с нулевым числом степеней свободы. Таким образом, шарнир фиксирует фиктивное тело относительно СК0, и тело *Ground* является обобщением понятия *Base0*, причет его преимуществом перед *Base0* является возможность

назначения точек связи. Этот факт позволяет использовать тело *Ground* при добавлении элементов с помощью визуальных компонент (шарниров и силовых элементов), связанных с неподвижной окружающей средой. Автоматическое включение тела *Ground* опционально.

13. Расширены возможности описания графического элемента типа «*Параметрический*». При описании поверхности допускаются списки выражении.

Новые интерфейсные возможности в программе UM Input

1. Всплывающее меню списка идентификаторов содержит две новые команды: «Показать элементы для идентификатора» и «Список неиспользуемых идентификаторов». Первая команда позволяет получить список элементов модели, которые содержат данный идентификатор в описании параметров. Вторая команда показывает список идентификаторов, которые не использованы в описании элементов модели и, в частности, можно удалить часть из них или все.
2. Если описание параметра элемента модели содержит выражение, включающее идентификаторы, то используя правую кнопку мыши можно получить их список и перейти к нужному идентификатору в списке идентификаторов модели, например, чтобы скорректировать его значение или удалить.
3. Если для некоторого идентификатора существуют идентификаторы с такими же именами во включенных подсистемах, то при изменении значения идентификатора появляется полный список одноименных идентификаторов, и пользователь может назначить им новое численное значение.

Разработана первая версия конвертера моделей ADAMS – UM с некоторыми ограничениями на возможности конвертации.

Новые возможности и модификации программы моделирования UM Simulation.

1. Добавлена опциональная функция «Удерживать разложение системной матрицы», для некоторых сложных динамических моделей значительно ускоряющая процесс моделирования динамики.
2. Введена функция «Связи на начальные условия», позволяющая пользователю задать соотношения, которым должны удовлетворять координаты и их производные по времени в начальный момент времени. В частности, можно задать начальную угловую скорость одного тела равной начальной угловой скорости другого.
3. В настройках метода Парка численного интегрирования уравнений движения введен параметр «Минимальный шаг», ограничивающий снизу значение шага интегрирования. Для некоторых сложных динамических моделей это позволяет значительно ускорить процесс моделирования динамики.
4. Произведены корректирующие изменения мастера создания макросов идентификаторов.
5. Выполнен ряд корректирующих изменений в интерфейсе.

UM Loco

1. Введена полная параметризация внешних условий моделирования рельсовых экипажей в многовариантных расчетах, включающая
 - тип неровностей (отсутствие, из файла или детерминированные);
 - номер группы неровностей;
 - расстояние между СКР и СКК;
 - нормирующие множители для вертикальных и горизонтальных неровностей;
 - подуклонка рельсов;
 - профили колес и рельсов;
 - коэффициенты жесткости и демпфирования пути;
 - дефекты радиусов колес;
 - параметры моделей сил контактного взаимодействия колеса с рельсом (сил крипа), в частности, при задании упрощенной модели расчета сил параметризованы: эквивалентная коничность, эквивалентный параметр контактного угла и т.д.
 - тип и параметры макрогеометрии, например радиус кривой, длины переходных участков, возвышение наружного рельса и т.д.

Параметризация этих данных позволяет резко повысить эффективность исследования влияния перечисленных данных на динамику рельсового экипажа с использованием методики многовариантных расчетов. В предыдущей версии допускалось только варьирование параметров, заданных идентификаторами в модели экипажа.
2. Введена жесткость рельса на кручение. В предыдущей версии рельс мог смещаться только в вертикальном и поперечном направлениях.
3. Расширен список переменных в мастере переменных, характеризующих динамику рельсового экипажа. Добавлены следующие переменные:
 - рамные силы
 - комбинированный коэффициент запаса устойчивости – уточненный параметр, разработанный авторами UM, характеризующий безопасность в отношении вкатывания колеса на рельс, в частности, отражающий величину подъема колеса над головкой рельса;
 - поперечное и вертикальное динамические смещения и изгиб рельса при его взаимодействии с колесом;
 - производные от функции неровностей рельсов;
 - поперечное положение рельса с учетом гребневого зазора, горизонтальных неровностей и упругого смещения; параметр эффективно используется для построения графиков, отражающих положение и смещение колесной пары в колее.
4. В мастере подготовки процесса моделирования добавлена возможность установления связей на начальные условия. Например, можно установить

значение угловой скорости ротора тягового двигателя, равной угловой скорости шестерни редуктора в случае, когда они соединены упругой муфтой. Ранее данные связи можно было реализовать лишь средствами программирования в файле управления.

5. Расширены возможности задания неровностей рельсовых нитей. В мастере подготовки процесса моделирования добавлена возможность задания детерминированных горизонтальных и вертикальных неровностей.
6. Детерминированные неровности рекомендуется использовать для поиска сочетаний горизонтальных и вертикальных неровностей, неблагоприятных с точки зрения безопасности.
7. Расширена база данных профилей колес и рельсов. Добавлены североамериканские профили рельсов (*AREMA 115, 119, 132, 133, 136, 141*) и колес (*AAR*).
8. Дефект радиуса задается для левого и правого колеса колесной пары, а не только для левого, как в предыдущей версии UM. Это позволяет более точно моделировать отклонение радиусов кругов катания колес от номинала.
9. В мастере подготовки параметров интегрирования добавлен параметр «Граница скачка контакта», позволяющий для некоторых пар профилей улучшить процесс расчета положения точек контакта колеса с рельсом.
10. Удалено прерывание расчета динамики рельсовых экипажей при одновременном контакте с рельсами гребней правых и левых колес одной колесной пары в случае заужения колеи.
11. Разработана методика внешнего программирования моделей поглощающих аппаратов в виде динамических библиотек. На этой базе переработана база данных моделей российских поглощающих аппаратов. В частности, добавлена модель поглощающего аппарата *ПМКП*.
12. Разработана методика задания тормозных сил в моделях экипажей в программе ввода, добавлены визуальные компоненты для случаев односторонних и двухсторонних тормозов.
13. Разработаны обновленные модели грузовых вагонов с трехэлементными тележками типа *18-100* и *18-578*: уточненная и упрощенная. Модели показывают результаты, совпадающие с результатами старых моделей, однако используют более современные технологии описания некоторых силовых элементов.
14. Разработаны стандартные модели тяговых устройств двух типов: российские автосцепные устройства и буферы с продольной тягой. Пользователь может использовать эти модели в качестве шаблонов для создания собственных моделей тяговых устройств. Разработана методика создания сцепов, состоящих из любого числа рельсовых экипажей с использованием моделей тяговых устройств.

UM Wheel/Rail Wear

1. Добавлен расчет эволюции профиля рельса вследствие износа.
2. Введена возможность перерасчета пробега экипажа по объемному износу или по максимальному износу.
3. В обработке результатов добавлен расчет графика интенсивности изнашивания в зависимости от номера итерации.

UM Train3D

1. Разработана подробная документация к модулю.
2. Разработаны шаблоны моделей автосцепных устройств и тяговых устройств с буферами.
3. Создана методика автоматической разработки моделей сцепов трехмерных экипажей и их включения в состав поезда.

UM CAD Interfaces

1. Реализован интерфейс к *Autodesk Inventor*.
2. Реализован интерфейс к *Pro/E*.

UM Experiments

1. Улучшена поддержка больших расчетов, включающих сотни и тысячи численных экспериментов.
2. Добавлена возможность запуска нескольких расчетов на одном клиенте кластера. Это дает возможность эффективно использовать многоядерные компьютеры в качестве клиентов кластера.
3. Введена полная параметризация внешних условий моделирования рельсовых экипажей в многовариантных расчетах, включающая тип неровностей (отсутствие, из файла или детерминированные); номер группы неровностей и т.д. Подробнее см. описание к модулю UM Loco.
4. Реализован экспорт результатов расчета в модуль UM Durability.
5. Выполнен ряд усовершенствований в интерфейсе пользователя.

UM FEM

1. Добавлен импорт данных из *MSC.NASTRAN*.
2. Добавлена возможность импортировать данные для расчета напряженно деформированного состояния конечных элементов модели. Данная возможность поддерживается для импорта из программ *ANSYS* и *MSC.NASTRAN*.
3. В *Мастер переменных* добавлен новый тип переменных, позволяющих рассчитать компоненты тензоров напряжений и деформаций в узлах, а также главные напряжения/деформации и напряжения/деформации фон Мизеса.
4. Добавлена возможность моделировать взаимодействия упругого тела посредством контактной силы. Упругое тело может контактировать с абсолютно твердым или упругим телом.
5. Добавлена возможность раскрасить область упругого тела в соответствии с рассчитанными напряжениями/деформациями.
6. Точки приложения сил к упругому телу могут не совпадать с узлами конечно-элементной модели и меняться в процессе интегрирования уравнений движения. То есть, силу можно приложить в любой точке поверхности упругого тела. В предыдущей версии программы силы можно было приложить только в узлах конечно-элементной схемы.

UM Durability

1. В процедуре анализа нагруженности добавлена возможность выбора типа расчетного напряжения (используемого для перехода к одноосному напряженному состоянию) для каждой группы узлов. В предыдущей версии тип расчетного напряжения задавался сразу для всех групп.
2. Ускорена процедура расчета реализаций напряжений по записям изменения модальных координат.
3. Введено понятие контрольной зоны – набора узлов конечно-элементной модели с одинаковыми свойствами сопротивления усталости. Пользователь может задать любое количество контрольных зон, произвольно сгруппировав в них узлы, для которых предварительно был проведен анализ нагруженности. В предыдущей версии свойства сопротивления усталости задавались только для групп узлов, что приводило к необходимости пересчета нагруженности при изменении ресурсоограничивающих зон.
4. Реализована методика расчета усталостной долговечности при многоциклового усталости (S-N метод).
5. Доработан интерфейс. Скорость отображения результатов расчета в новой версии не зависит от количества узлов в группах и контрольных зонах.

UM Control

Реализован интерфейс к релизам Matlab R2007x/2008x