



Руководство пользователя



Конфигурация и структура программного комплекса

Оглавление

1. КОНФИГУРАЦИЯ И СТРУКТУРА УМ	1-3
1.1. КОНФИГУРАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УМ	1-3
1.1.1. Структура размещения УМ.....	1-3
1.1.2. Организация рабочей области пользователя	1-4
1.1.3. Настройка параметров системы для работы с УМ.....	1-4
1.1.4. Переносимость задач	1-4
1.2. СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УМ	1-6
1.2.1. Конфигурация УМ	1-6
1.2.2. Устаревшие модули	1-9
1.3. ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛЬНОМУ КОМПЬЮТЕРУ	1-9
1.4. АРГУМЕНТЫ КОМАНДНОЙ СТРОКИ ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ	1-9
1.4.1. Аргументы командной строки программы ввода uminput.exe	1-9
1.4.2. Аргументы командной строки программы моделирования	1-11

1. Конфигурация и структура УМ

1.1. Конфигурация программного комплекса УМ

Программный комплекс «Универсальный механизм» (УМ) содержит стандартное ядро, включающее исполняемые и служебные файлы, а так же файлы, необходимые для компиляции уравнений движения. Рабочие каталоги пользователя могут размещаться независимо от программного ядра, что позволяет сетевое использование программы: ядро размещается на сервере, а рабочие файлы пользователя – на сетевых рабочих станциях.

Работа с УМ строится следующим образом:

- описание новой модели (программа *UM Input*);
- синтез уравнений движения этой модели на одном из поддерживаемых языков программирования (*UM Input*) – опционально – только для символьного синтеза уравнений движения;
- запуск внешнего компилятора для компиляции исходных файлов в DLL (динамическую библиотеку) объекта (*UM Input*) – опционально – только для символьного синтеза уравнений движения;
- моделирование движения объекта на основе численного интегрирования уравнений движения из DLL (программа *UM Simulation*).

«Универсальный механизм» поддерживает два типа синтеза уравнений движения: символьный и численно-итерационный. При выборе символьного синтеза уравнений движения для полноценной работы с УМ – от описания новой модели до исследования ее движения – необходимо наличие одного из поддерживаемых компиляторов:

- MS Visual C++ 5.0 и выше;
- Embarcadero® Delphi XE2 и выше.

Подробнее о символьном и численно-итерационном способах синтеза уравнений движения, их достоинствах и недостатках смотрите [Главу 3](#), п. 3.7. *Синтез уравнений движения*.

1.1.1. Структура размещения УМ

Ядро УМ размещается в нескольких стандартных каталогах. Исполняемые файлы по умолчанию будут размещены в каталоге *C:\Program Files\UM Software Lab\Universal Mechanism\10*. При установке программы можно самостоятельно указать каталог для размещения исполняемых файлов. В дальнейшем путь к этому каталогу будем сокращенно обозначать как *{УМ}*.

Служебные, вспомогательные файлы, руководство пользователя, модели, поставляемые с Универсальным механизмом, при установке размещаются в каталоге общедоступных документов ОС Windows. В Windows 7 и 10 это каталог *C:\Users\Public\Documents\UM Software Lab\Universal Mechanism\2023*. В Windows Vista / XP это каталог *C:\Documents and Settings\All Users\Документы\UM Software Lab\Universal Mechanism\2023*. В дальнейшем этот каталог будем называть рабочим каталогом и путь к этому каталогу будем сокращенно обозначать как *{Данные УМ}*.

Нельзя переименовывать стандартные каталоги (подкаталоги) и удалять из них файлы.

Краткое описание содержимого подкаталогов программного комплекса:

- $\{УМ\}bin$ – содержит исполняемые файлы программного комплекса;
- $\{УМ\}bin\drivers$ – каталог драйверов для электронных ключей (для защищенных версий);
- $\{Данные\ УМ\}com$ – содержит заголовочные файлы описания типов для компиляции и программирования в среде УМ;
- $\{Данные\ УМ\}components$ – каталог с набором компонент;
- $\{Данные\ УМ\}MANUAL$ – руководство пользователя;
- $\{Данные\ УМ\}plugins$ – набор динамических библиотек, содержащих функционалы;
- $\{Данные\ УМ\}SAMPLES$ – каталог с набором примеров;
- $\{Данные\ УМ\}SAMPLES\TUTORIAL$ – задачи из уроков “Начинаем работать”;
- $\{Данные\ УМ\}SAMPLES\LIBRARY$ – примеры моделирования, иллюстрирующие особенности применения различных элементов программного комплекса;
- $\{Данные\ УМ\}simulink$ – файлы, необходимые для интеграции моделей Matlab/Simulink в УМ;
- $\{Данные\ УМ\}templates$ – данный каталог содержит шаблоны MS Excel которые используются для импорта данных из УМ (таблицы, графики и т.д.).

1.1.2. Организация рабочей области пользователя

Каждая задача (модель) сохраняется в отдельном каталоге. **Имя каталога используется в качестве имени задачи.** Существуют ограничения на имя такого каталога: он может содержать только латинские буквы и цифры и должен начинаться с буквы. При использовании программирования в *файле управления* строго не рекомендуется переименовывать каталоги с моделями, поскольку переименование каталога приведет к потере работоспособности модели.

1.1.3. Настройка параметров системы для работы с УМ

УМ использует точку в качестве десятичного разделителя и пробел в качестве разделителя групп разрядов. Если текущие установки на вашем компьютере отличаются от вышеперечисленных, то они будут автоматически изменены при запуске УМ. Изменить установки вы можете в системных настройках **Панель управления | Язык и стандарты | Числа.**

1.1.4. Переносимость задач

Вся информация о модели находится в файле данных *input.dat*, файле управления задачи (см. главу 5 данного руководства) и в используемых файлом управления модулях пользователя. Если при разработке модели не использовалось программирование в среде УМ, то модель описывается одним файлом *input.dat*.

Таким образом, для переноса модели на другой компьютер или для пересылки модели по электронной почте, достаточно вышеописанных файлов, все остальные файлы генерируются в процессе работы программы.

Например, для переноса модели на другой компьютер необходимо:

- создать на другом компьютере каталог с именем модели;
- скопировать в этот каталог файл *input.dat* и, при необходимости, файл управления и модули пользователя;
- выполнить синтез уравнений движения для вновь перенесенной модели (для символической формы синтеза уравнений движения);
- задача готова для моделирования.

Кроме того, для сохранения настроек программы интегрирования, начальных данных, значений идентификаторов и т.д., рекомендуется скопировать так же все файлы по маске *last.**.

Замечание. При использовании программирования в среде УМ изменение имени каталога с моделью не допускается.

1.2. Структура программного комплекса УМ

Комплекс УМ состоит из двух автономных программ, связь между которыми осуществляется через внешние файлы. Исполняемые файлы программного комплекса размещаются в каталоге $\{UM\}bin$. Рассмотрим эти компоненты программного комплекса и их функции подробнее.

- **Программа описания объектов (*UM Input*)**. Программа описания структуры и параметров модели. Программа описания – многопроектная среда, т.е. в ней возможно одновременно работать с несколькими моделями.
- **Программа численного анализа уравнений движения (*UM Simulation*)**. Выполняет численное интегрирование уравнений движения с параллельным отображением результатов в виде анимации и графиков. Импортирует структуру механической системы из файла *input.dat*, а уравнения движения синтезирует на каждом шаге при численно-итерационном выводе уравнений или из файла *umtask.dll* при символьном синтезе. Программа моделирования – однопроектная среда. *UM Simulation* может использоваться автономно от комплекса при наличии набора задач, предварительно подготовленных пользователем.

1.2.1. Конфигурация УМ

УМ включает в себя следующие модули:

- **UM Base** – ядро системы, минимальная конфигурация программы, модули описания модели, синтеза уравнений, моделирования движения механических систем и линейного анализа в общей постановке. Включает следующие дополнительные инструменты.
 - **UM Base / Control panel** – дополнительный инструмент в составе базового модуля **UM Base** для интерактивного управления моделями.
 - **UM Base / Training ground** – дополнительный инструмент в составе базового модуля **UM Base** для построения виртуальных полигонов, используется для моделирования гусеничных машин и роботов.
 - **UM Base / Ride comfort** – дополнительный инструмент для оценки плавности хода транспортных машин по ОСТ 24.050.16-85, ГОСТ Р 55513 – 2013 и Р 513, UIC 513 и индексу Шперлинга.
- **UM Subsystems** – дополнительный интегрированный модуль для моделирования механических систем с большим числом степеней свободы.
- **UM Automotive** – дополнительный модуль для моделирования динамики автомобиля.
- **UM Caterpillar** – дополнительный модуль для моделирования гусеничных экипажей.
- **UM Loco** – дополнительный интегрированный модуль, предоставляющий специальные инструменты и возможности для моделирования рельсовых экипажей.
- **UM Loco / Multipoint Contact Model** – модель многоточечного неэллиптического контакта колеса и рельса. Рельс – массовый элемент.

- **UM Loco / CONTACT add-on interface** – интерфейс к программе CONTACT. Сама программа разрабатывается, распространяется и поддерживается компанией Vtech CMCC (<https://www.cmcc.nl/software/>).
- **UM Loco / Wheel Profile Wear Evolution** – дополнительный инструмент для прогнозирования изменения профилей ж.-д. колес в процессе износа.
- **UM Loco / Rail Profile Wear Evolution** – дополнительный инструмент для прогнозирования изменения профилей ж.-д. рельсов в процессе износа.
- **UM Monorail Train** – дополнительный модуль для моделирования монорельсовых экипажей и поездов с учетом упругости путевой структуры.
- **UM MagLev** – дополнительный модуль для моделирования экипажей и поездов с электромагнитной или электродинамической подвеской с учетом упругости путевой структуры.
- **UM Experiments** – дополнительный модуль многовариантных расчетов.
- **UM Cluster** – служба распределенных вычислений – расширяет функциональность модуля многовариантных расчетов **UM Experiments**. Позволяет проводить параллельные расчеты на многих компьютерах с обменом данными по локальной или глобальной сети.
- **UM FEM** – дополнительный модуль для описания моделей, включающих как абсолютно твердые, так и упругие тела.
 - **UM FEM / Vehicle-Bridge Interaction** – дополнительный модуль для моделирования взаимодействия упругих мостов и железнодорожных экипажей.
 - **UM FEM / Flexible wheelset** – моделирование динамики железнодорожной колесной пары с учетом упругости с применением модуля UM FEM.
 - **UM FEM / Monorail track** – моделирование динамики взаимодействия монорельсовых экипажей с упругим путем.
 - **UM FEM / MagLev track** – моделирование динамики взаимодействия экипажей магнитной подвеске с упругим путем.
- **UM Control** – интерфейс с Matlab/Simulink и библиотеками пользователя. Позволяет интегрировать схемы, созданные в Matlab/Simulink в модели механических систем УМ и наоборот. Включает следующие инструменты:
 - **User-defined routines** – обеспечивает импорт в УМ динамических библиотек (DLL) откомпилированных с помощью любого компилятора. Библиотеки описывают математические модели сил или системы управления.
 - **Matlab Import** – обеспечивает экспорт моделей Matlab/Simulink в виде динамических библиотек (DLL) и их подключение к моделям УМ. Моделирование гибридной модели выполняется в среде Универсального механизма.
 - **Matlab CoSimulation** – обеспечивает импорт моделей УМ в модели Matlab/Simulink в виде S-Functions. Моделирование гибридной модели выполняется в среде Matlab/Simulink.
 - **Block Editor** – дает возможность пользователю описывать произвольные модели в виде структурных схем и подключать эти модели к динамическим моделям УМ. В виде структурных схем можно, например, описать модель системы управления или модель силового элемента. **Block Editor** во многом аналогичен импорту моделей из

Matlab/Simulink с помощью инструмента **Matlab Import**. Инструмент включает собственные утилиты для описания и расчёта структурных схем, не требует установки дополнительно программного обеспечения.

- **SimInTech Import** – обеспечивает экспорт моделей [SimInTech](#) в виде динамических библиотек (DLL) и их подключение к моделям УМ. Моделирование гибридной модели выполняется в среде Универсального механизма.
- **SimInTech CoSimulation** – обеспечивает импорт моделей УМ в модели [SimInTech](#) в виде отдельного блока структурной схемы. Моделирование гибридной модели выполняется в среде SimInTech.
- **UM CAD Interfaces** – импорт графики и инерционных параметров твердых тел из таких программных продуктов как Компас, SolidWorks, Autodesk Inventor и др.
- **UM Train** и **UM Train 3D** – дополнительные модули для расчета продольной динамики поезда, в том числе в трехмерной постановке.
- **UM Ballast** – дополнительный модуль для расчета динамики балластной среды в плоской постановке.
- **UM Durability** – дополнительный модуль для оценки усталостной долговечности элементов конструкции, включая специализированные методики локомотиво- и вагоностроения в виде дополнительных инструментов **UM Durability/Loco** и **UM Durability/Carriage**.
- **UM 3D Contact** – дополнительный модуль для моделирования произвольных контактных взаимодействий между выпуклыми телами.
- **UM Pneumatic Systems** позволяет моделировать динамику систем с пневматическими элементами, такими как изолированные или пневматически связанные пневморессоры.
- **UM Driveline** включает набор силовых элементов и инструментов для моделирования трансмиссий транспортных средств.
- **UM Flexible Railway Track** – дополнительный модуль для моделирования взаимодействия железнодорожных экипажей с упругой путевой структурой.
- **UM RCF** – дополнительный модуль для моделирования процесса накопления контактно-усталостных повреждений в колёсах железнодорожного подвижного состава.
- **UM Scene** – дополнительный модуль для создания продвинутых фотореалистичных сцен и окружения для моделей УМ.
- **UM Quick Track** – дополнительный модуль для автоматического, быстрого и простого создания «продвинутых» изображений пути для ж.-д. экипажей и поездов. Планируется его расширение для расширенного рисования автомобильных дорог и дорог для монорельсовых экипажей и экипажей на магнитной подвеске.
- **UM Sensors** – дополнительный модуль для моделирования типичных датчиков, используемых в автомобильных системах помощи водителю (ADAS) и роботах: GPS-датчики, лучевые датчики, радио-маяки (приёмник/передатчик).
- **UM Video Flow** – дополнительный модуль для моделирования камеры-сенсора и экспорта видеопотока в Matlab и SimInTech для дальнейшего использования этого видеосигнала в алгоритмах компьютерного зрения.

1.2.2. Устаревшие модули

В УМ версии 2023 следующие модули удалены и более не распространяются и не поддерживаются.

- Модуль **UM Wheel / Rail Wear**. Начиная с УМ 2023 этот модуль заменён на пару специализированных инструментов **UM Loco / Wheel Profile Wear Evolution** и **UM Loco / Rail Profile Wear Evolution**.
- Инструмент **UM Loco / Non-elliptical wheel/rail contact model**. Эта модель контакта колеса и рельса полностью заменена многоточечной моделью контакта из инструмента **Multipoint contact model** (она же модель Кика-Пиотровского). Многоточечная модель контакта более стабильная и точная.
- Инструмент **UM Loco / External DLLs for creep force calculation**. Этот инструмент был основан на устаревшей неэллиптической модели контакта (**UM Loco / Non-elliptical wheel/rail contact model**) и более не поддерживается.

1.3. Требования к персональному компьютеру

УМ работает под управлением операционных систем Windows XP / Vista / 7 / 8 / 10.

Рекомендуемые требования к компьютеру:

- CPU 3.2 GHz (рекомендуются многоядерные процессоры);
- 16 Gb RAM;
- Объем дискового пространства, необходимого для инсталляции УМ – 1 Гб.
- Рекомендуется комплектация компьютера видеоадаптером с поддержкой аппаратного ускорения OpenGL графики, предпочтительнее на чипсетах NVidia (в сравнении с AMD (ATI) Radeon и Intel).

1.4. Аргументы командной строки исполняемых файлов

1.4.1. Аргументы командной строки программы ввода `uminput.exe`

Если пользователь генерирует исходные данные объекта (файл `input.dat`) не с помощью программы ввода (**UM Input**), а с использованием внешних программных систем (например, MATLAB, МАТЕМАТИКА), то часто удобно использовать синтез и/или компиляцию уравнений движения в автоматическом режиме.

Формат командной строки:

`"{УМ}\bin\uminput.exe" [Путь к объекту] [ключи]`

Предусмотрены следующие ключи командной строки файла *uminput.exe*:

Ключ	Комментарий
/g	Синтезировать уравнения движения объекта. Если объект содержит внешние подсистемы, то проверяется завершенность синтеза уравнений для каждой из них и, если уравнения не подготовлены, выполняется синтез.
/b	Принудительный синтез уравнений движения объекта и всех внешних подсистем
/c	Компилировать уравнения движения
/n	Переписать старый файл управления объекта. Ключ учитывается только в том случае, когда использован один из ключей /c/b/g
/i	Отображать сообщения синтеза и компиляции в отдельном окне. При отсутствии данного ключа UM Input выполняется в полном консольном режиме, без вывода информации на экран. Ключ учитывается только в том случае, когда использован один из ключей /c/b/g
/f[имя файла]	Направляет все сообщения UM Input в указанный файл. Ключ учитывается только в том случае, когда использован один из ключей /c/b/g

Замечание. Консольный режим включается в случае, когда использован один из ключей /c/b/g.

Примеры:

- “{УМ}\bin\uminput.exe” “d:\My Objects\UMObject” – запустить программу ввода в обычном режиме и одновременно открыть объект UMObject, находящийся в каталоге d:\My Objects.
- “{УМ}\bin\uminput.exe” d:\Objects\UMObject” /g /c /i /f “d:\Objects\UMObject\outinfo.txt” – запустить программу ввода в консольном режиме, синтезировать и компилировать уравнения движения. Сообщения о процессе синтеза и компиляции отображать в отдельном окне. Все сообщения программы сохранить в файле outinfo.txt, размещаемом в каталоге объекта.

1.4.2. Аргументы командной строки программы моделирования

Ключи командной строки позволяют запускать программу моделирования *UM Simulation* (исполняемый файл *umsimul.exe*) в режиме автоматического решения уравнений движения с автоматической загрузкой файлов, содержащих начальные условия, значения идентификаторов, конфигурацию графических и анимационных окон и так далее. В отличие от обычного режима моделирования объекта, непосредственно после старта модуля подгружается объект, автоматически запускается процесс моделирования с отображением результатов в анимационных и графических окнах, с записью результатов и автоматической выгрузкой программы после окончания или прерывания процесса.

Режим позволяет организовать запуск модуля моделирования и обработку результатов с использованием внешних программных систем. Такие же аргументы командной строки применимы для внешнего решателя *umsolver.exe*, который фактически является программой *umsimul.exe*, только без графического интерфейса пользователя.

Формат командной строки:

“*{УМ}\bin\umsimul.exe*” [Путь к объекту] [ключи]

Предусмотрены следующие ключи командной строки файла *umsimul.exe*:

Ключ	Комментарий
/s	Установить режим автоматического моделирования. Будет загружена модель и все конфигурационные файлы, после чего будет запущено моделирование. Моделирование заканчивается либо по достижении времени, указанного в файле ICF, либо при выполнении одного из условий завершения из файла FIN.
/b	Установить так называемый режим фонового выполнения (Batch режим). В этом режиме программа выключает графический интерфейс пользователя. Все ошибки, предупреждения, сообщения выводятся в файл, указанный в ключе /f.
/c[Имя].icf	Имя файла конфигурации (окна, метод и параметры интегрирования)
/p[Имя].par	Имя файла параметров (значений идентификаторов)
/r[Имя].rwc	Имя файла конфигурации рельсового экипажа (профили, неровности и так далее)
/i[Имя].xv	Имя файла начальных условий (значения координат и их производных по времени)
/v[Имя].var	Имя файла автоматически рассчитываемых переменных
/x[Имя].xva	Включается режим записи результатов в XVA-файл с указанным именем. Сохранение данных происходит с шагом, равным шагу отображения результатов в анимационных и графических окнах.
/e[Имя].fin	Файл условий завершения, определяющий по какому условию будет завершен текущий эксперимент.
/a[Имя].car	Имя файла конфигурации автомобиля
/t[Имя].train	Имя файла конфигурации поезда

/m[Имя].sim	Имя файла конфигурации интерфейса с Matlab/Simulink
/u[Имя].tvc	Имя файла конфигурации гусеничной машины
/j[Имя].ecf	Имя файла-проекта с конфигурациями для прогнозирования износа профилей ж.-д. колес
/h[Handle]	<p>Этот флаг позволяет передавать текущий прогресс в вычислениях в вызывающую программу. Это особенно важно при вызове umsimul.exe с ключом /b. [Handle] – это handle окна в терминах ОС Windows, типа HWND, которому будет посылаться сообщение с данными о текущем прогрессе. В аргументе командной строки [Handle] передается в десятичном формате. При работе umsimul.exe вызывается функция Windows API PostMessage со следующими аргументами: PostMessage(Handle, WM_USER + 1, GetCurrentProcessID, DonePercent), где</p> <ul style="list-style-type: none"> • Handle – это handle окна, переданный в аргументе командной строки после флага /h; • GetCurrentProcessID – ID текущего прогресса для корректной идентификации в вызывающем приложении при запуске нескольких файлов umsimul.exe одновременно; • DonePercent – целое число от 0 до 100, показывающее текущий прогресс в решении задачи.
/f[Путь\Имя файла]	Направляет сообщения исполняемого файла в указанный файл. Если опустить [Путь], то файл сообщений будет создан в каталоге модели.
-scalar_outputs=[on/off]	По умолчанию значение ключа равно [off]. Чтобы его активировать используйте -scalar_outputs=on. Включение этого ключа приводит к тому, что после окончания моделирования для каждой переменной из указанного с помощью аргумента /v списка переменных применяется фильтр и функционал, указанный на соответствующей вкладке в списке переменных и значения этих функционалов выводятся в текстовый файл с расширением *.out. Этот файл имеет XML формат и предназначен для чтения результатов расчёта при организации автоматической оптимизации/идентификации параметров в стороннем ПО. Более подробно формат *.out описан в Главе 4, п. <i>"Использование УМ в качестве решателя в стороннем программном обеспечении"</i> .

Замечание. Файлы *.icf, *.xv, *.tvc, *.par, *.var, перечисленные в таблице, должны быть предварительно размещены в каталоге моделируемого объекта. Если какой-либо из файлов не задан, будет прочитан соответствующий файл last.* (при условии, что он существует).

Примеры:

- “*D:\um\bin\umsimul.exe*” “*d:\My Objects\UMObject*” /s /b /ctest2.icf /rtest2.rwc /ptest2.par /vtest2.var /ftest2out.txt – запустить программу в режиме фонового выполнения, загрузить модель из каталога “*d:\My Objects\UMObject*”, загрузить файлы конфигурации *ctest2.icf*, *rtest2.rwc* и файл параметров *test2.par*, запустить расчет, выполнить моделирование задачи, при выполнении рассчитать переменные из файла *test2.var* (будут созданы файлы *test2.tgr* и *test2.sgr*).
- “*D:\um\bin\umsimul.exe*” “*d:\My Objects\UMObject*” – запустить программу моделирования в обычном режиме и одновременно открыть объект *UMObject*, находящийся в каталоге *d:\My Objects*.
- “*D:\um\bin\umsimul.exe*” “*d:\My Objects\UMObject*” /s /c*some.icf* /v*test.var* /x*test.xva* – запустить программу в режиме автоматического моделирования, прочитать конфигурацию из файла *some.icf*, список автоматически рассчитываемых переменных – из файла *test.var*, включить режим записи результатов в XVA-файл с именем *test.xva* (будет сохранен в каталоге объекта). Файлы *test.var*, *some.icf* должны быть предварительно созданы и размещены в каталоге объекта *d:\My Objects\UMObject*.