

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТОВ ANSYS WORKBENCH, ADAMS, VISUAL NASTRAN И Pro/ENGINEER ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИКИ РОБОТОВ**

---

**М. А. Журавков, О. В. Громыко, А. А. Царева**

*Белорусский государственный университет*

*Минск, Беларусь*

*E-mail: gromykoov@mail.ru, carevaaa@mail.ru*

В работе представлены возможности использования систем компьютерной механики Ansys Workbench, Adams, Visual Nastran, Pro/ENGINEER для исследования механики манипуляторов. Приведены примеры моделирования манипуляторов в данных пакетах.

Ключевые слова: Ansys Workbench, Adams, Visual Nastran, Pro/ENGINEER, механика, моделирование.

При исследовании механики роботов важным аспектом является автоматизация расчетов и качественная визуализация, как самой твердотельной модели, так и полученных результатов. Такой подход невозможен без применения при исследованиях новейших программных комплексов, предназначенных для анализа кинематики и динамики систем твердых тел ADAMS, Visual Nastran, ANSYS WorkBench, Catia, Working Model и программ конечно-элементного анализа деформируемых тел ANSYS, Nastran, Patran, LS-Dyna и т. д. Каждый из этих пакетов позволяет пользователям провести всесторонний анализ и полу-

чить достоверные и наглядные результаты, однако наибольшей эффективности можно достичь при совместном использовании данных программных комплексов. Рассмотрим подробнее моделирование в пакетах ADAMS, ANSYS WorkBench, Visual Nastran и Pro/ENGINEER.

ADAMS – самый известный в мире программный комплекс для моделирования механизмов, исследования их кинематики и динамики. Главный объект его анализа – система связанных между собой твердых тел.

Посредством инструментов ADAMS можно быстро создать полностью параметризованную модель изделия, строя ее непосредственно в препроцессоре или импортируя из наиболее распространенных CAD-систем, таких как Pro/ENGINEER, SolidWorks, AutoCAD. Задавая связи компонентов модели, прилагая нагрузки, определяя параметры кинематического воздействия, можно получить расчетные данные, полностью идентичные результатам реальных испытаний системы. Важной характеристикой ADAMS является наличие полной параметризации модели, что означает функциональную зависимость параметров прототипа.

Однако ADAMS не подходит для конечно-элементного анализа элементов конструкций. Поэтому данный пакет рационально использовать совместно с Ansys или MSC.Nastran для определения упругих характеристик частей механизма в конечно-элементной системе.

В пакете ADAMS была построена модель широко распространенного манипулятора «Пума РМ-01» с учетом реальных масс и размеров (но не формы) звеньев, а также их связей.

Моделирование движений манипулятора, обеспечивающих необходимое перемещение схвата, осуществлено в соответствии с заданными законами движения всех суставов. Внешний вид манипулятора и его кинематическая схема представлены на рис. 1.

Данный робот имеет шесть степеней подвижности и структурную формулу вида RRRRRR.

На рис. 2 представлена компьютерная модель манипулятора в пакете ADAMS. В результате проведения динамического анализа в программе ADAMS можно получить информацию и о спектре нагрузки для каждого звена. Далее появляется возможность записать ее как массив информации о силовом нагружении звеньев в различные моменты времени в процессе движения механизма.

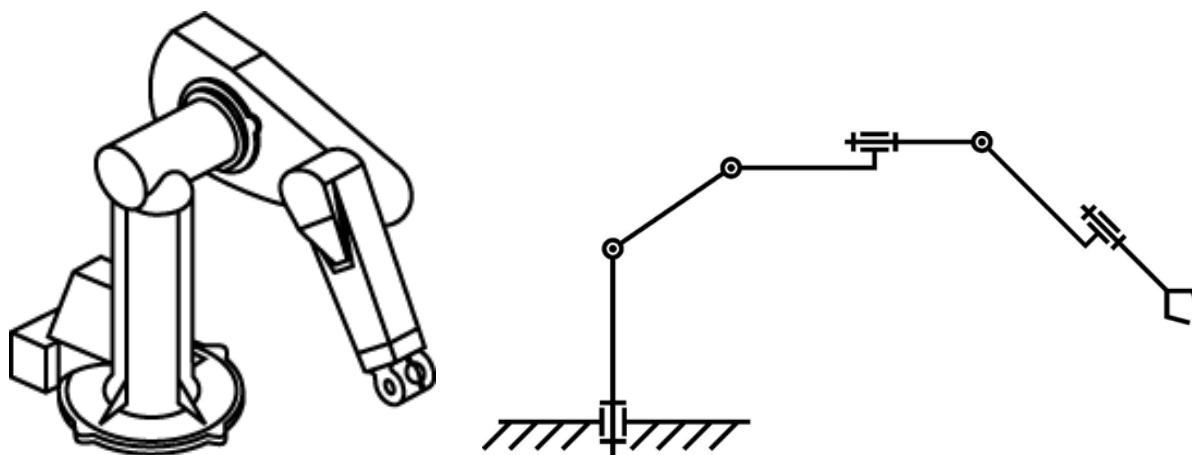


Рис. 1. Промышленный робот РМ-01 и его кинематическая схема

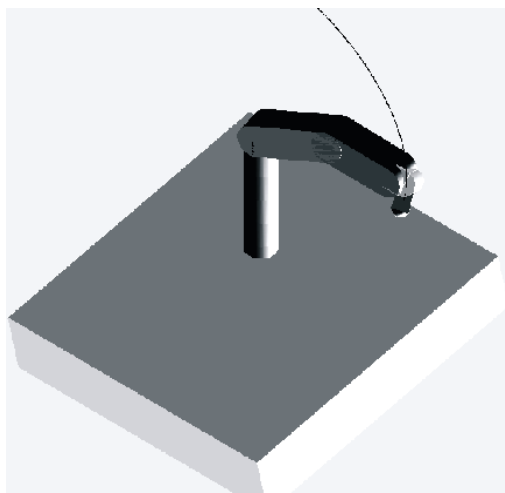


Рис. 2. Компьютерная модель манипулятора в ADAMS

Так же как и в ADAMS, в пакете ANSYS Workbench реализован достаточно мощный инструментарий для параметризации модели. Важным фактором выступает возможность автоматического определения граничных условий и оформления отчетной документации с дальнейшим импортом в другие пакеты CAE.

ANSYS Workbench позволяет проводить основные типы расчетов, поддерживая ассоциативную связь с геометрической моделью в CAD-системе, такой как Pro/ENGINEER, Solid Works и AutoCAD. Наиболее общим случаем представления CAD-моделей являются твердотельные (Solid Bodies) и представляют собой трехмерные или двумерные геометрические объекты. При этом геометрические модели можно транслировать в CAE программы как напрямую из интерфейса CAD, так и через интерфейс CAE-программ. Также имеется возможность импорта модели в пакет VisualNastran для дальнейшего исследования.

ANSYS Workbench предусматривает работу препроцессорного модуля Design Modeler, который реализует соединение в одной детали нескольких разнородных геометрических объектов (твердотельных и оболочечных). Таким образом, можно осуществлять переход к исследованию составной модели. Если в препроцессор CAE из CAD-системы транслированы отдельные тела, из которых созданы детали, то в этом случае конечно-элементная сетка для каждого тела генерируется отдельно. Для составной детали генерируется единая сетка.

На рис. 3 представлена твердотельная компьютерная модель манипулятора M410-ib семейства Fanuc в пакете ANSYS Workbench.



Рис. 3. Модель манипулятора M410-ib в среде ANSYS Workbench

В данной модели каждое звено надлено мотором и при определенных заданных начальных условиях можно проследить траекторию рабочего органа манипулятора.

Пакет ANSYS Workbench позволяет проводить дальнейший кинематический и динамический анализ построенной модели.

**MSC.VisualNastran** – это полностью интегрированное в CAD-систему приложение для проведения кинематического, динамического анализа, анализа теплообмена, расчета напряженно-деформированного состояния отдельных элементов и сборок конструкций на основе МКЭ без выхода из среды проектирования.

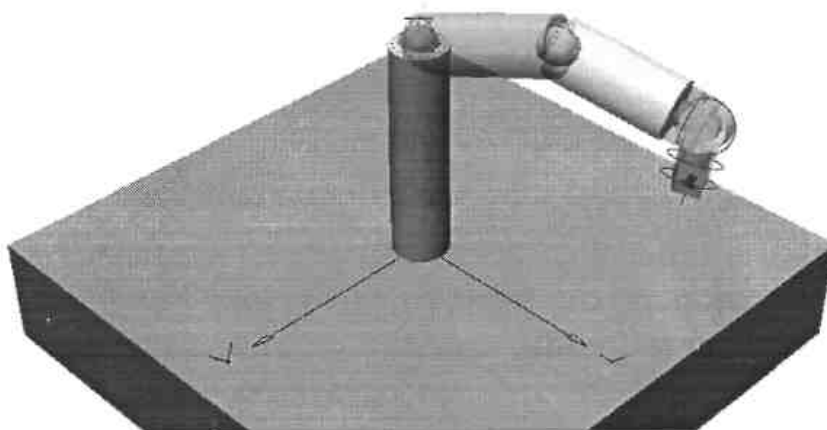
Важнейшими характеристиками в Visual Nastran при исследовании механики роботов является возможность оптимизации конструкции по различным критериям и оптимизации геометрических параметров модели по указанному критерию оптимизации и граничным условиям. Не менее важным является кинематический анализ механизмов: определение таких параметров, как скорости, ускорения, траектории расчетных точек.

Преимуществом в отношении моделирования робототехнических систем выступает широкий набор кинематических связей: пружины, демпферы, шарниры вращения, скольжения, тяги и канаты, жесткие связи, «пользовательские элементы».

Пакет Visual Nastran также обеспечивает полную ассоциативную интеграцию с пакетами трехмерного параметрического проектирования (Pro/ENGINEER, Solid Works, Autodesk Inventor), а также поддерживает обмен геометрической информацией с CAD-системами через форматы Parasolid, Iges и др.

Модель манипулятора «Пума РМ-01» строилась непосредственно в препроцессоре. При моделировании звеньев использовались такие компоненты, как cylinder, box (в зависимости от сечения звена). Связи между звеньями организованы посредством использования набора шарниров: вращательный шарнир Revolution joint, Rigid joint для жесткого соединения схвата и груза. Задавая необходимые условия движения, Visual Nastran предоставляет возможность анимации работы механизма на любом этапе построения модели. На рис. 4 представлена модель робота «Пума РМ-01» в среде Visual Nastran.

В результате были получены различные характеристики, особый интерес среди которых представляют моменты сил в суставах. Графики изменения моментов сил, возникающих в суставах, представлены на рис. 5.



*Рис. 4. Модель «Пума РМ-01»*

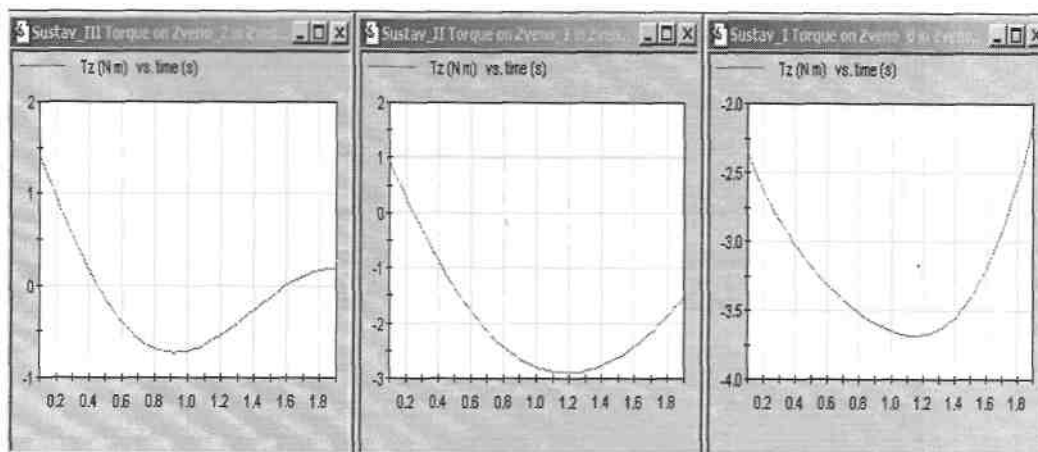


Рис. 5. Моменты сил в суставах 1, 2, 3

Решения на базе Pro/ENGINEER используют крупнейшие машиностроительные организации таких отраслей, как аэрокосмическая, тяжелое машиностроение, автомобилестроение, производство медицинского оборудования, потребительских товаров и промышленное оборудование. Возможности Pro/ENGINEER и его специализированного модуля Pro/ENGINEER Mechanica позволяют проводить статический анализ для расчета напряжений и перемещений, модальные решения, определить критическую для конструкции нагрузку и др.

В среде Pro/ENGINEER применяется параметрическое проектирование, которое позволяет изменять размеры, определяющие положение детали в сборке и, таким образом, анализировать кинематику всего механизма в целом. Кроме этого, Pro/ENGINEER позволяет оценить поведение механизма при изменении того или иного его параметра, добиваясь необходимых технических характеристик изделия.

Пакет Pro/ENGINEER Mechanica также имеет специализированные средства автоматической генерации полностью ассоциативных конечно-элементных сеток для проведения дальнейшего анализа в системах типа MSC.NASTRAN, ANSYS и может использоваться совместно с продуктами такого рода. Эта возможность позволяет использовать решатели этих мощных средств МКЭ-анализа не покидая меню Pro/ENGINEER. Это позволяет повысить производительность, поскольку отпадает необходимость запускать одновременно несколько программ или транслировать файлы между системами. Проведение многозадачного анализа позволяет проводить одновременную оптимизацию по прочностным, тепловым и кинематическим характеристикам.

Единая информационная структура также обеспечивает и полную двунаправленную ассоциативность для всех инженерных приложений Pro/ENGINEER. Любые изменения, внесенные на каком-либо этапе разработки изделия, автоматически переносятся на все участки проектирования.

На рис. 6 представлена модель манипулятора в среде Pro/ENGINEER.

Широкие функциональные возможности постпроцессора по визуализации сочетаются с легкостью его использования. Визуализация результатов осуществляется на геометрии исходной модели детали, а не на ее сеточном представлении.

Применение рассмотренных программных комплексов анализа и моделирования механических систем является высокоэффективным подходом для всестороннего изучения проблем их кинематики и динамики и является перспективным направлением при совершенствовании систем управления манипуляторами.

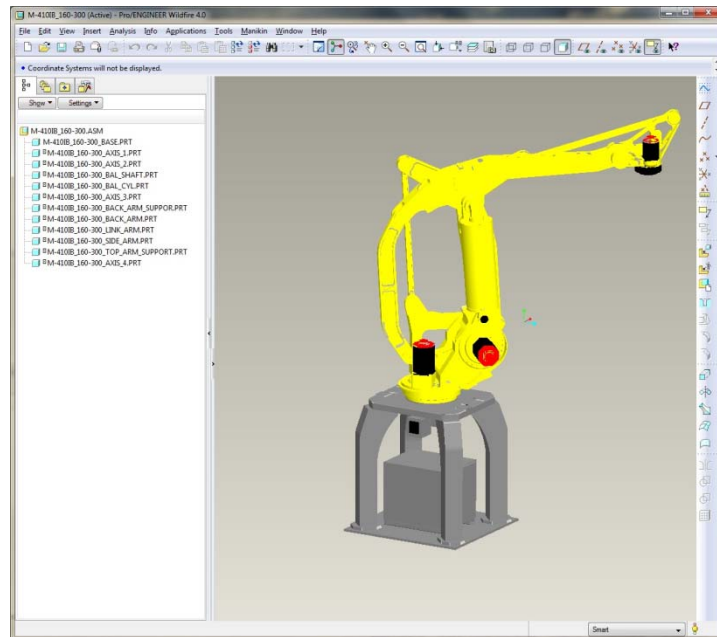


Рис. 6. Манипулятор М-410 в среде Pro/ENGINEER

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яглинский, В. П. Моделирование динамических процессов роботизированного производства / В. П. Яглинский, Д. П. Иоргачов. Одесса : Астропринт, 2004. 232 с.
  2. Пол, Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора / Р. Пол. М. : Наука, 1976. 103 с.
-