

УДК 629.7

## **Методика компьютерной технологии проектирования катапультных устройств для ракетного вооружения самолета пятого поколения**

Чемякин А.В., Врублевский Е.Г., Зарецкий Д.М., Юдаков С. В.

### **Аннотация**

Данная работа посвящена вопросам моделирования робототехнических систем авиационного вооружения. Проведен анализ состояния рынка технологий математического моделирования. На примере авиационных катапультных установок для самолета пятого поколения рассмотрены перспективные технологии исследования кинематических и динамических свойств сложных рычажных механизмов: технологии создания твердотельных моделей, технологий измерения массово-габаритных характеристик, в т.ч. тензоров моментов инерции деталей сложных форм, и непосредственно процесса создания модели сложного пространственного механизма с последующим исследованием его кинематики и динамики. Результатом работы является отработка технологии компьютерного моделирования, позволяющая создать достаточно адекватную динамическую модель рычажного механизма с изменяющимися параметрами и измерить положения, скорости, ускорения любых его точек и величину реакций в шарнирах в любой момент времени.

### **Ключевые слова**

Истребитель пятого поколения; отделение груза; авиационное катапультное устройство; моделирование; твердотельная модель; динамическая модель

### **Введение**

Наше время характеризуется не просто бурным развитием технологий проектирования, а, по истине, революционными изменениями в данной области. Развитие компьютерных технологий минувшего десятилетия, многократное увеличение вычислительных мощностей и развитие программного обеспечения позволило выйти на качественно новый уровень в процессе конструирования. Современные технологии позволяют конструктору уже на этапе эскизного проектирования в самые короткие сроки самостоятельно получить адекватную информацию о свойствах проектируемого изделия. Обладание подобной информацией позволяет существенно повысить качество проектируемого изделия без значительного увеличения трудоемкости разработки. В связи с освоением инновационных технологий компьютерного проектирования и компьютерного моделирования разработка основанных на этих технологиях методик моделирования представляется важнейшей научно-технической задачей. Путям решения данной задачи посвящена эта работа.

Отработка методик моделирования ведется на примере исследования динамики отделения авиационной управляемой ракеты (АУР) от находящегося во внутреннем отсеке летательного аппарата (ЛА) авиационного катапультного устройства (АКУ).

Следует отметить, что исследование отделения грузов является весьма актуальной задачей, поскольку процесс отделения во многом определяет эффективность применения и безопасность боевого комплекса ЛА.

В качестве прототипов для исследуемых моделей использованы современные образцы соответствующих объектов: самолета, авиационного катапультного устройства и ракеты. Так, например, в качестве прототипа модели носителя взят многоцелевой истребитель 5-ого поколения F-22A «Raptor». При создании этого самолёта широко использовалась технология снижения радиозаметности «Stealth», следствием чего стало размещение ракетного вооружения во внутрифюзеляжных отсеках.

Разработка методики моделирования процесса отделения груза от носителя ведется на основе передовых технологий компьютерного проектирования и анализа сложных технических систем. В ходе разработки используются программные продукты 2-х типов: система твердотельного моделирования (computer aided design, CAD) и системы математического моделирования.

Основой методики являются твердотельные модели груза, установки и носителя в среде *SOLIDWORKS*. В связи с этим отметим, что для удобства последующего анализа данных (в *COSMOSFLOWWORKS*), необходимо выполнить ряд требований при создании твердотельных моделей. Например, совместить центр тяжести ракеты и исходную точку глобальной системы координат, исключить конфликты сопряжений между деталями (в частности, не допустимы сопряжения тел по ребру) и т.д.

Важным этапом является получение величин аэродинамических сил и моментов, действующих на АКУ и ракету. Для моделирования обтекания в отсеке использован *SolidWorks Flow Simulation (COSMOSFloWorks)* – модуль гидрогазодинамического анализа в среде *SolidWorks*. Данный инструмент предоставляет доступ к широкому спектру начальных и граничных условий моделирования. В частности задаются: тип текучей среды, давление, температура, плотность, скорость и направление набегающего потока, параметры турбулентности, границы расчетной области. Кроме того, есть возможность тонко настроить параметры обтекаемых стенок, параметры расчетной сетки, условия прекращения моделирования и перечень измеряемых параметров.

В результате моделирования могут быть получены не только величины действующих аэродинамических нагрузок, но и, например, траектории линий тока (рис.1) или характер распределения давления (рис. 2).

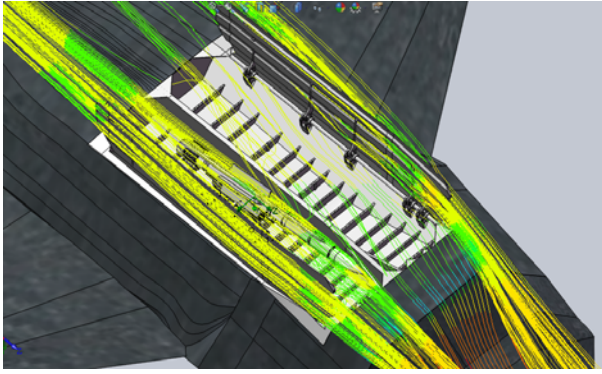


Рис. 1. Траектории линии тока  
вблизи поверхности отсека

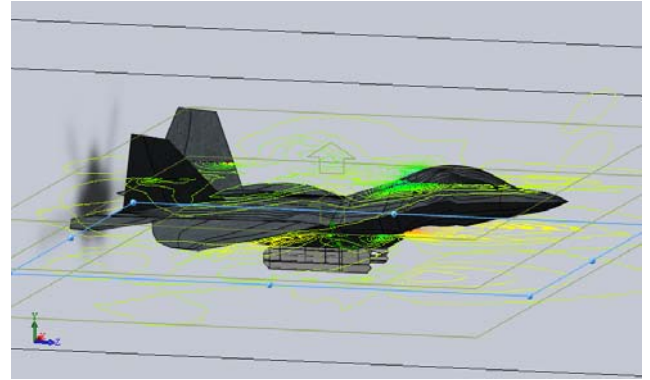


Рис.2. Изопараметрические линии, характеризующие распределение давления в сечениях параллельных плоскости  $XOZ$

Что касается исследования динамики процесса отделения ракеты, было установлено, что возможностей даже самых лучших систем автоматизации инженерных расчетов недостаточно для полноценного анализа. Поэтому помимо выбора САД-системы приходится так же выбирать специализированный математический пакет, в котором есть возможность в полной мере реализовать решение всех поставленных задач. Важнейшим условием качества результатов исследования является адекватность модели. В этой связи следует отметить, что при разработке динамических моделей механизмов возникают проблемы, связанные с указанием присоединительных размеров и, в ещё большей мере, инерционных характеристик деталей и узлов. Отсутствие универсальных методов измерения тензора моментов инерции произвольных тел сложной формы исключает разработку адекватных моделей. Указанная проблема снимается при интеграции SolidWorks и Simulink Matlab, основанной на использовании САД-транслятора, позволяющего конвертировать САД-модель в блокковую диаграмму SimMechanics (Simulink) Matlab. В процессе конвертации все инерционные параметры и присоединительные размеры твердотельной модели, определяющие её динамику, точно передаются в модель Simulink (S-модель). Именно такая технология применена в настоящей методике. Полученная S-модель вклю-

чает: модель рычажного механизма АКУ, размещенного в отсеке носителя; модель катапультируемого груза с его массово-инерционными характеристиками; модели внешних аэродинамических сил и моментов, действующих на груз в отсеке в процессе катапультирования; модели сил и моментов трения в соединениях; модель пневмопривода АКУ, а также модели датчиков, обеспечивающих измерение необходимых параметров. Модели внешних сил и моментов разработаны на основе моделирования аэродинамических процессов в отсеке и представляют собой S-функции, обеспечивающие сплайн-интерполяцию соответствующих зависимостей.

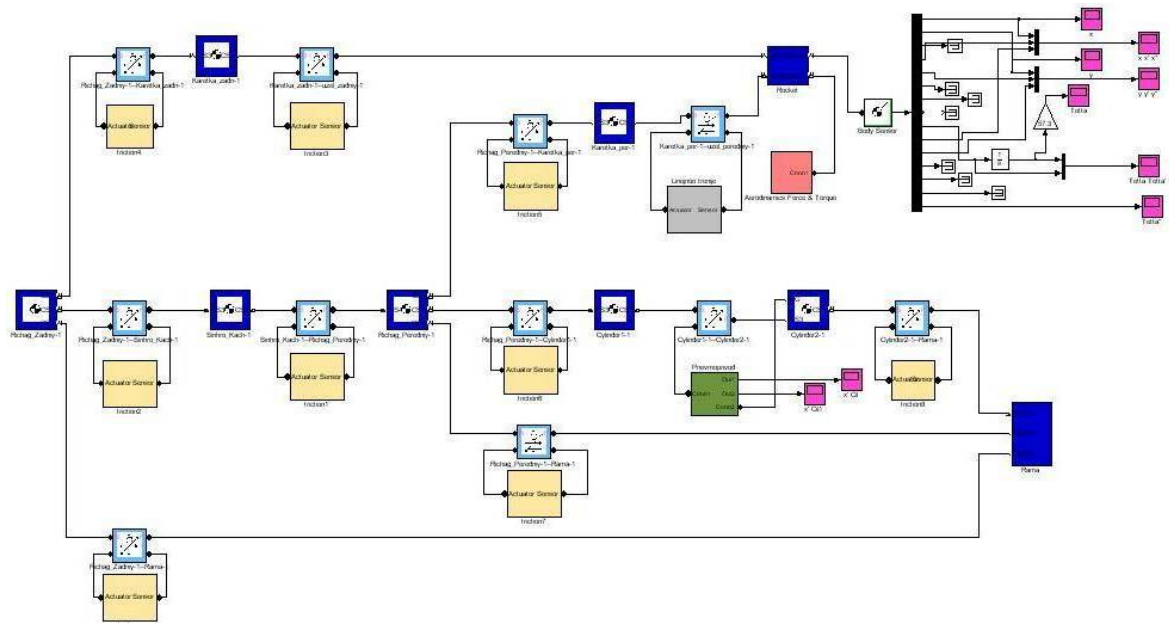


Рис. 3. Общая динамическая S-модель авиационной катапультиной установки

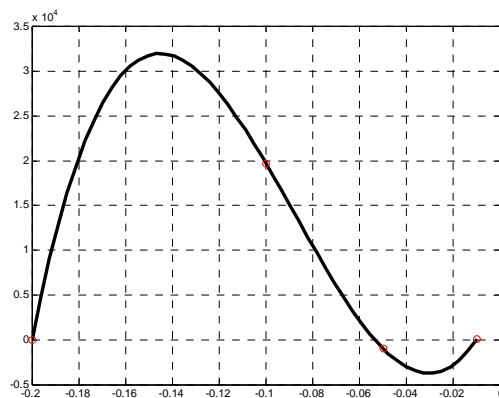


Рис. 4. График изменения величины (Н) подъемной силы  $Y$ , действующей на катапультируемый груз, в зависимости от перемещения поршня привода АКУ (угол атаки носителя  $\alpha=5^\circ$ , угол скольжения  $\beta=5^\circ$ )

Общая динамическая S-модель авиационной катапультирной представлена на рис.3. График изменения подъемной силы, действующей на катапультируемый груз в процессе отделения, представлен на рис. 4.

Разработанная модель позволяет с достаточной степенью адекватности оценить ряд важных параметров, характерных для процессов отделения грузов: положения, скорости и ускорения всех деталей механизма, в том числе и отделяющейся ракеты, а так же величины реакций во всех сочленениях в любой момент времени. На рис. 5-6 представлены некоторые результаты моделирования.

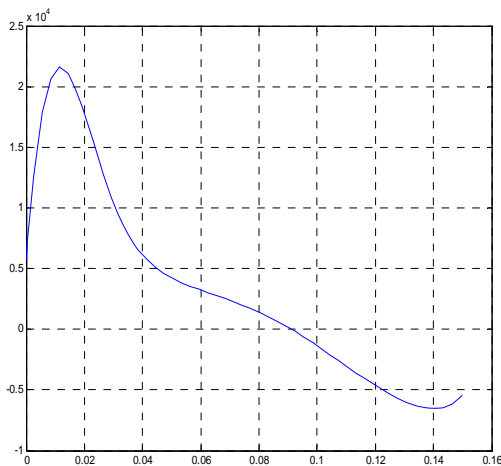


Рис. 4. Сила реакции (Н) в шарнире заднего рычага

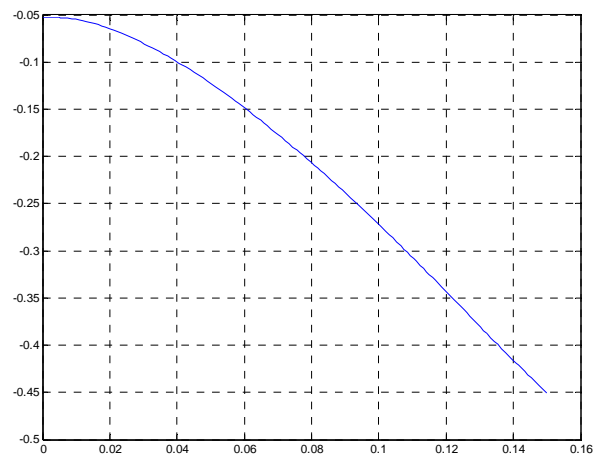


Рис. 5. Смещение центра масс ракеты вдоль оси  $Oy$

## **Заключение**

Выбранные технологии компьютерного синтеза и анализа показали свою высокую эффективность в процессе моделирования робототехнических систем авиационного вооружения. Разработанная методика позволяет при наличии соответствующей информации существенно повысить качество проектирования перспективных изделий за счет совмещения в одной модели объектов разной физической природы (механической, электрической, пневматической и др.). Можно сделать вывод, что основанная на интеграции современных информационных технологий SOLIDWORKS/COSMOSFLOWWORKS/ и MATLAB/SIMULINK методика позволяет выйти на качественно новый уровень проектирования и моделирования сложных авиационных робототехнических систем, в том числе и авиационного вооружения.

## **Библиографический список**

- [1] Соколовский Г.А., Ватолин В.В., Рейдель А.Л. и др. Устройства для оснащения современных ЛА / Альбом-каталог под общей ред. В.В.Ватолина, - М.: изд-во ГосМКБ «Вымпел», 1992.
- [2] Д. Мюррей. SolidWorks, - М.: изд-во «Лори», 2003.
- [3] Алямовский А.А. SolidWorks / COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004.
- [4] Тихонов К.М. Разработка моделирования кинематики и динамики адаптивных АКУ / Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем ЛА :

Сб. докл. VII-й Всерос. юбилейной науч.-техн. конф. «Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем ЛА», Москва, Мос. авиац. ин-т, 25-27 мая 2005 г. / Редкол.: В.А. Полковников (пред.). – М.: Изд-во МАИ, 2005.

### **Сведения об авторах**

- Чемякин Антон Владимирович
- Ассистент, МАИ
- Контактный телефон: 8-916-911-26-07
- Контактный E-mail: [chemyakin\\_a\\_v@mail.ru](mailto:chemyakin_a_v@mail.ru)
  
- Врублевский Евгений Геннадьевич
- Студент, МАИ
- Контактный телефон: 8-903-208-68-38
- Контактный E-mail: [jerito@mail.ru](mailto:jerito@mail.ru) , [evgenij.jer@gmail.com](mailto:evgenij.jer@gmail.com)
  
- Зарецкий Денис Михайлович
- Студент, МАИ
- Контактный телефон: 8-916-443-87-77
- Контактный E-mail [specbox\\_den@mail.ru](mailto:specbox_den@mail.ru)
  
- Юдаков Сергей Владимирович
- Студент МАИ
- Контактный телефон: 8-916-689-21-44
- Контактный E-mail: [spat69@mail.ru](mailto:spat69@mail.ru)