

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АВИАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ В СИСТЕМЕ NX

© 2016 В.В. Ветохин, А.Ю. Мануковский

Воронежский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 21.10.2016

Статья посвящена проблеме кинематического анализа элементов конструкции летательных аппаратов, включающих в себя механические узлы с целью оптимизации конструкции и обеспечения работоспособности механизма в сборе с ответными деталями. Приведен пример практической работы в рамках проекта университета совместно с предприятием. Поставленные в работе цели выполнены, изменения конструкции согласованы с конструкторским бюро. Результаты работы будут использованы для дальнейшей работы по анализу и оптимизации авиационных конструкций.

Ключевые слова: кинематический анализ, оптимизация кинематики, CAE-система.

При проектировании новых механизмов в системах САПР стоит задача проверки их работоспособности в различных положениях механизма и анализа усилий, возникающих в его различных узлах. Иногда возникает потребность анализа уже существующих механизмов для определения мест, в которых при производстве их в металле возникают разногласия: причина отказа работоспособности изделия – конструкторская документация или ошибка цеха-изготовителя. В процессе развития машиностроительной отрасли предпринималось множество попыток автоматизировать расчёты на прочность конструкции деталей и узлов машин. Совершенствовался математический и научный аппарат этих расчетов. На протяжении своего существования авиационная отрасль предъявляла наиболее жёсткие требования к точности, качеству, а зачастую и скорости расчётов. Поэтому во многом благодаря авиационной промышленности аппарат прочностных расчетов и автоматизации этих расчетов развился к настоящему времени в мощный инструмент инженера-конструктора, который позволяет на виртуальной модели проверить множество самых разнообразных механических, физических и других характеристик изделий и их узлов. К настоящему времени множество видов инженерного анализа конструкций при помощи ЭВМ доказали свою достоверность, используемые математические модели многократно были на практике проверены на адекватность. Вследствие этого многие инструменты инженерного анализа получили документированные свидетельства своей надежности. На многих предприятиях, и даже в целых отраслях те или иные инструменты имеют сертификаты, подтверждающие достоверность получаемых данных. Одной из подобных систем является CAD/CAM/CAE система Siemens NX.

Ветохин Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: daiolix@yandex.ru
Мануковский Андрей Юрьевич, старший преподаватель. E-mail: mantred@yandex.ru

Одним из многих направлений инженерного анализа является динамический анализ кинематических систем. Этот инструмент позволяет визуализировать и моделировать работу пространственных механизмов. При этом рабочая модель может быть как упрощенной и иметь ряд допущений (нерастяжимые, недеформируемые звенья, отсутствие сил трения и др.), так и быть максимально приближенной к реальности. К примеру, учитывать помимо веса, инерции звеньев так же силы сопротивления, жесткость и другие параметры, важные для работы механизма. Отдельно следует отметить некоторые наиболее важные инструменты, которые присутствуют в системе Siemens NX, весьма ограниченно представленные в других системах. Это силовой динамический анализ, который позволяет отслеживать передачу сил и крутящих моментов от звена к звену. Таким образом, работа механизма обеспечивается не кинематической, а физической моделью, максимально приближенной к реальности. Так же при динамическом и статическом анализе можно учитывать допуски и отклонения деталей, проводить расчеты «на краю допуска», либо наоборот, получать максимальные отклонения, при которых механизм сохраняет свою работоспособность. Пользу от этих возможностей трудно переоценить. Однако, зачастую, современные требования предъявляемые, в частности, к конструкции летательных аппаратов таковы, что базовых возможностей даже самой лучшей системы инженерного анализа может оказаться недостаточно. И тут особенно важен тот факт, что во всех современных системах анализа предусмотрена возможность редактирования физических и механических моделей, а так же возможность создания собственных, дополнительных моделей взаимодействия элементов систем.

На кафедре «Компьютерных интеллектуальных технологий проектирования» Воронежского государственного технического университета для решения подобных задач используется система

NX компании Siemens PLM Software. В рамках работы по договору подряда, заключенному ВГТУ с Воронежским акционерным самолетостроительным обществом по направлению исследований «Научеёмкие технологии в машиностроении, авиастроении и ракетно-космической технике», комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства авиационных агрегатов гражданских самолетов нового поколения с применением концепции гибких производств (гибких производственных систем) для постановки в серийное производство регионального самолета АН-148» специалистами кафедры проводились работы по кинематическому анализу подвижных частей (люков и дверей) с целью выявления интерференций, общего анализа конструкции и оптимизации работы отдельных механизмов. В ходе работы над проектом, который изначально был посвящен автоматизации проектирования изделия и созданию электронного макета изделия, а также проектированию сборочной оснастки, возникла необходимость в проведении комплексного кинематического анализа конструкции механизмов открывания и запираания люков и дверей самолета. В процессе производства в цехе отмечался ряд трудностей, связанных со сборкой и работоспособностью увязанных механизмов, вплоть до полной неработоспособности и невозможности открытия или закрытия двери. Таким образом, по инициативе цеха на кафедре ВГТУ был проеден ряд расчетов, по результатам которых были сформированы замечания предложения, отправленные конструкторскому бюро, и впоследствии, успешно внедренные в конструкцию самолета.

Модуль анализа кинематических механизмов данного программного продукта позволяет создавать и анализировать поведения механизмов

в средах кинематики и динамики. В качестве входящих факторов могут указываться движители (линейные и вращения), и различные виды приложения сил и крутящих моментов. Все величины могут быть заданы как в виде постоянных значений, математических функций, так и в виде табличных значений в зависимости от времени. Для начала работы со сборкой требуется собранный электронный макет изделия, проверенный на целостность моделей, их взаимную интерференцию, и другие ошибки. Далее начинается процесс разработки кинематической модели. Определившись с принятыми допущениями и функциями каждого звена, убрав незначащие детали, переходят к заданию кинематических связей. Для моделирования работы механизма к одному из звеньев подключается движитель, обеспечивающий начальное движение. Результатом этой работы является модель, сходная с той, что представлена на рис. 1.

Основное машинное время занимает расчет заданной модели. Для расчета необходимо определиться с параметрами физической модели, выбрать решатель, если используется нестандартный решатель, а также определить граничные условия. Одним из важных параметров является количество ключевых кадров, чем их больше, тем точнее рассчитываются перемещения. Если задать слишком мало ключевых кадров можно столкнуться с распространенной ошибкой, когда быстро движущееся звено в силу своей скорости успевает преодолеть препятствие (стенку) и оказаться к началу следующего ключевого кадра, за ним. Таким образом, быстрые звенья могут «проходить сквозь стену» что невозможно и является ошибкой. Поэтому у выбору требуемого количества ключевых кадров необходимо подходить максимально ответственно. В качестве

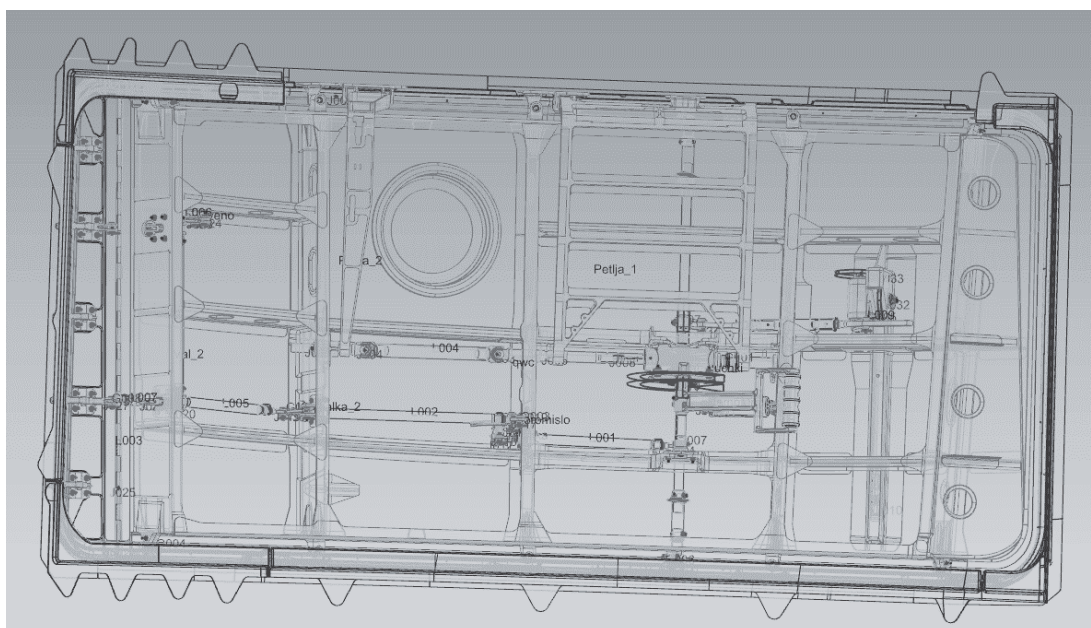


Рис. 1. Каркасная модель двери с наложенными связями и указанием движителя

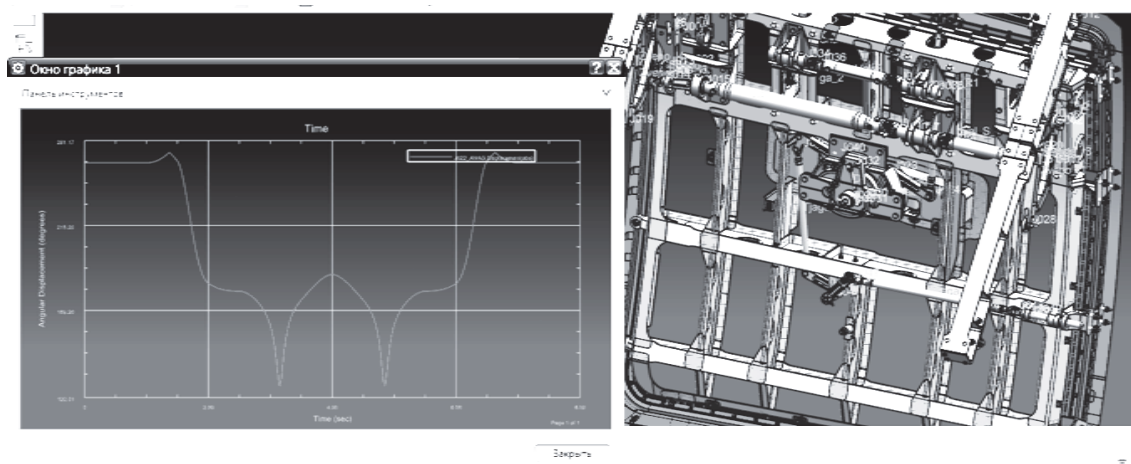


Рис. 2. Кинематический анализ открытия люка

результата, мы получаем анимацию движения механизма с возможностью отслеживания пересечений тел, возможность построения графиков таких величин как: величины усилий, скорости, ускорения, перемещения, их абсолютных линейных и угловых значений, а также в проекциях их на оси абсолютной системы координат или РСК.

На рис. 2 представлен механизм отрывания люка летательного аппарата и график движения одной из качалок кулачкового механизма. В данном случае возникал вопрос заклинивания люка при отрывании и его конфликт при открывании с удерживающими кронштейнами. При этом чертежная документация ошибок не одержала, согласно чертежам механизмы двери были прорисованы в положении «открыто» и «закрыто». Коллизий между деталями не было, однако при изготовлении деталей в металле и сборке узла была выявлена его неработоспособность. Возможность проверки этой ошибки появляется только при наличии электронной модели всего узла.

Анализ показал угловое отклонение одного из кронштейнов навески и пересечение тел по-

верхности люка с установочным кронштейном. Был передан запрос в конструкторское бюро с указанием величин изменения и предложением решения данной проблемы. После утверждения изменений был проведен повторный анализ, который показал полную работоспособность механизмов и изменения были переданы в цех. Новые изготовленные узлы работали должным образом согласно документации.

После расчета механизма появляется возможность детального анализа его элементов. Создавая особые объекты, можно в любой точке установить «датчик» и получить зависимость параметра, измеренного датчиком, от времени на протяжении времени механизма в расчитываемых пределах. Измеряемой величиной могут быть координаты, скорость, ускорение, сила, момент, деформация и другие параметры. На рисунке 4 приведен анализ двери летательного аппарата. Проблема возникла в закрывании двери. Аналогично прошлому случаю на чертежах проблем не выявлено, однако собранный узел был неработоспособен.

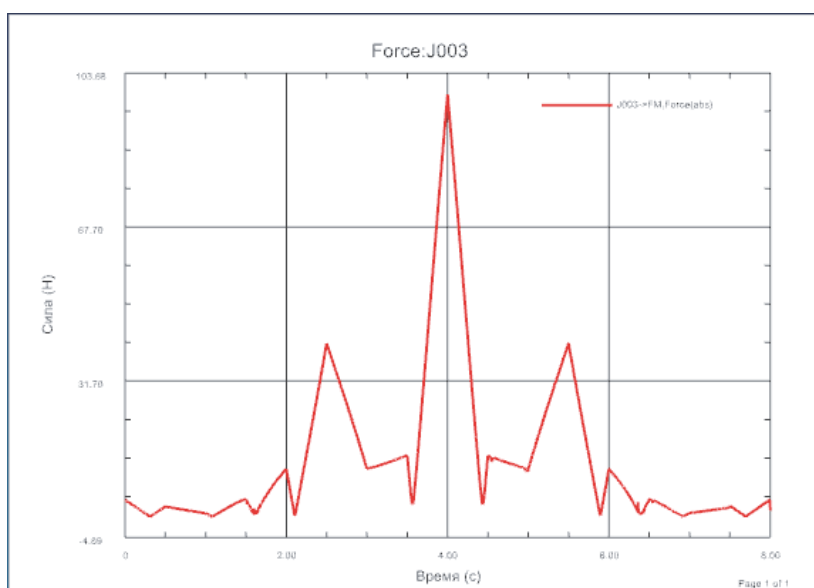


Рис. 3. График усилий, возникающих в одном из звеньев в кулачкового механизма

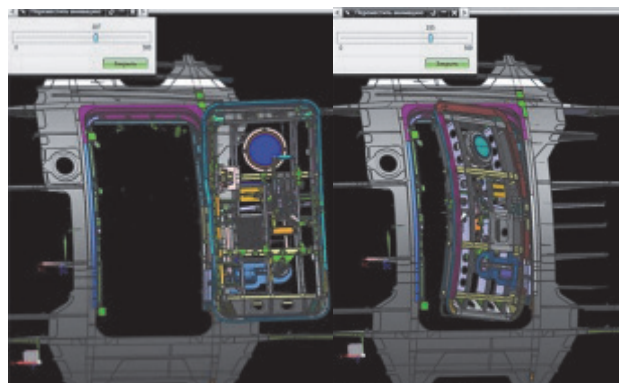


Рис. 4. Кинематический анализ двери летательного аппарата

В ходе анализа был выявлен некорректный уровень положения пары ловителей. В КБ были предложены и утверждены изменения, которые, затем были направлены в цех изготовления. Таким образом, используя возможности решателя NX возможно проводить кинематический анализ в статике и в динамике, оптимизировать конструкцию по данным анализа. Результаты анализа были проверены на достоверность и будут использованы в дальнейшей работе по созданию комплекса программ на основе математических моделей, которые формулируются по результатам проделанной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров, И.А. Артамонов, Т.Ф. Халитов, С.В. Денисихин, Д.Е. Сотник. М.: ДМК Пресс, 2012. 504 с.
2. NX Advanced Simulation / П.С. Гончаров, И.А. Артамонов, Т.Ф. Халитов, С.В. Денисихин, Д.Е. Сотник. Практическое пособие. М.: ДМК Пресс, 2014. 112 с.
3. Чижов М.И., Скрипченко Ю.С., Гусев П.Ю. Автоматизация и оптимизация технологических процессов в Tecnomatix Plant Simulation // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. №. 12-1.

ANALYSIS OF KINEMATIC OF THE AVIATION MECHANISMS IN NX

© 2016 V.V. Vetokhin, A.Y. Manukovsky

Voronezh State Technical University

The article deals with kinematic analysis of structural elements of aircraft, including the mechanical components in order to optimize the structure and ensure the efficiency of the mechanism assembly with mating parts. An example of practical work in the framework of the university project together now. Supplied in purpose made, design changes are agreed with the design office. The results will be used to further work on the analysis and optimization of aircraft structures.

Keywords: kinematic analysis, kinematics optimization, CAE-system.

Valery Vetokhin, Candidate of Technics, Associate Professor.

E-mail: daiolix@yandex.ru

Andrey Manukovsky, Senior Lecturer.

E-mail: mantred@yandex.ru