

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

УДК 621.01

Г. С. Бокун, доцент; С. А. Гляков, студент;
В. С. Вихренко, профессор; В. С. Юденков, доцент

ВОЗМОЖНОСТИ СБЛИЖЕНИЯ УЧЕБНОГО И РЕАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

The methods for implementing computer designing of mechanisms for educational purposes are considered.

1. Введение. В рамках курса теории механизмов и машин (ТММ) рассматриваются методы проектирования и анализа механизмов различной конструкции и сложности. Основной упор делается на аналитические, графические и графоаналитические методы проектирования, вскользь упоминается о численных методах и вообще не рассматривается возможность использования современных программных средств, специально предназначенных для проектирования и анализа механизмов. Такой подход предполагает понимание студентами основ курса, его методологии, развивает инженерную интуицию. Однако имеется и ряд недостатков. К ним можно отнести: неоправданно большое количество времени, затрачиваемое на однотипные расчеты и построения; необходимость практически с нуля осваивать современные методы и программы при реальном проектировании механизмов; невозможность применить полученные знания для решения задач, более сложных, чем рассмотренные в курсе; в некоторых случаях недостаточная точность при проектировании графическими методами.

В данной работе излагается возможность замещения в курсовом проектировании по ТММ графоаналитических методов численными посредством применения пакета Mathcad и программы автоматического моделирования Nastran. Такая замена позволит избавиться от вышеперечисленных недостатков. Кроме того, студент получит навыки работы с Mathcad, которые, несомненно, пригодятся ему для изучения других дисциплин и позволят познакомиться с современными программными средствами (пакет Nastran), используемыми для реального проектирования механизмов.

Приоритетным в данном случае является использование пакета Mathcad, поскольку при проектировании с его помощью студент должен обладать теми же знаниями, что и при про-

ектировании механизмов графоаналитическими методами, но дополнительно он осваивает принципы компьютерного проектирования, что полезно для него как для будущего инженера.

Nastran предлагается использовать для ознакомления студентов с современными программными средствами, применяемыми в проектных организациях и промышленности для проектирования механизмов и машин, исследования их поведения и свойств. В рамках курсового проектирования в этом пакете может проверяться правильность проектирования механизма в Mathcad и построение графиков переходных процессов при разгоне рычажного механизма асинхронным электродвигателем.

Еще одно преимущество компьютерного проектирования механизмов – это возможность получать результаты в цифровом виде, которые далее можно использовать для различных целей, например для графического представления или использования в других программах.

Ниже обсуждается методика использования пакетов Mathcad и Nastran для проектирования и моделирования рычажных механизмов.

2. Проектирование рычажных механизмов. Рассмотрим принципы проектирования плоских рычажных механизмов в Mathcad на примере механизма с заданной кинематической схемой (рис. 1).

Задача состоит в разработке алгоритма вычислений в Mathcad, результатом которых будут значения вращающего момента двигателя и момента инерции маховика, обеспечивающих работу механизма и заданный коэффициент неравномерности движения, графики зависимости сил в кинематических парах в зависимости от угла поворота входного звена. Ставится также задача проверки полученных результатов, смоделировав данный механизм с помощью программного пакета Nastran.

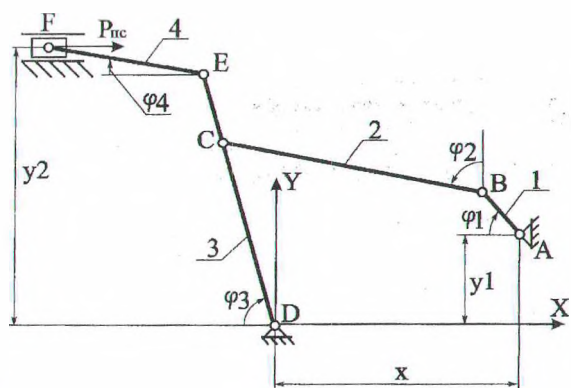


Рис. 1. Кинематическая схема рычажного механизма

Решения этой задачи на компьютере в пакете Mathcad практически не отличаются от ее решения на бумаге. Отличие состоит лишь в том, что все построения и вычисления будет делать программа по заданному алгоритму.

Последовательность решения задачи следующая:

1) последовательное (от первой до последней группы Ассур) составление систем уравнений для определения положения всех необходимых точек механизма при всех положениях входного звена. Для построения систем уравнений, определяющих положение звеньев механизма и координат их центров масс, удобно использовать метод замкнутых контуров;

2) определение крайних положений и вычисление первых и вторых производных от полученных координат численными методами;

3) определение вращающего момента двигателя, приведенного момента инерции механизма и момента инерции маховика;

4) построение графика углового ускорения приводного звена и из него всех остальных ускорений и сил инерции;

5) выполнение силового расчета путем составления систем уравнений динамического равновесия по принципу Даламбера (по группам Ассур от последней до первой);

6) построение проверочных графиков и оценка погрешности вычислений;

7) моделирование механизма в Nastran, проверка результатов, полученных в Mathcad, получение графиков переходных процессов.

Наибольшая вероятность допустить ошибку существует при составлении систем геометрических уравнений (п. 1). Поэтому по результатам их решения для контроля выполняется анимация движения точек, соединенных линиями, и при верном решении задачи получим визуально наблюдаемое согласованное движение звеньев механизма. Один из кадров такой анимации приведен на рис. 2.

Для проверки результатов, полученных в Mathcad, этот же механизм моделируется в Nastran. Для этого сначала создаются все звенья

в виде цилиндров необходимых размеров, задаются им массы и моменты инерции, указываются соединения звеньев посредством климатических пар и приложенные силы. Вращающий момент двигателя задается механической характеристикой (зависимость момента от угловой скорости). Модель рычажного механизма в Nastran показана на рис. 3.

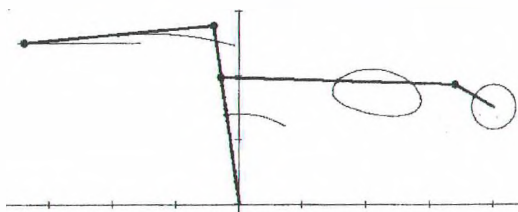


Рис. 2. Изображение механизма в Mathcad

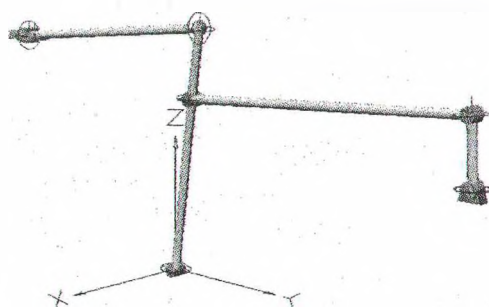


Рис. 3. Рычажный механизм в Nastran

После задания такой модели остается лишь указать величины, которые необходимо вычислить (угловая скорость приводного звена, силы в кинематических парах, ускорения и т. д.). В отличие от проектирования механизма в Mathcad здесь не требуется составлять и решать системы уравнений, задавать формулы для определения каких-либо параметров, т. е. вообще не обязательно знать теорию механизмов и машин. Поэтому данный пакет предлагается использовать в качестве проверки правильности ранее полученных результатов и ознакомления с принципами работы одного из современных программных средств, применяемых в реальном проектировании механизмов.

3. Моделирование работы печатной машины в Nastran. Nastran позволяет решать и более сложные задачи, чем анализ рычажного механизма. Правильно задав модель объекта, можно проанализировать особенности работы механизма любой сложности, использовать модель в качестве испытательного образца для модернизации и в других целях. Дадим описание моделирования печатной машины Romayot 314 с целью исследования взаимовлияния ее

механической части и двигателя. Для создания модели использовались эскизы и фотографии деталей машины и каталог запасных частей.

Поскольку решается задача влияния механической части машины на электродвигатель, то целесообразно включить в модель только те части машины, движение которых сказывается на значении приведенного к валу двигателя момента сил сопротивления, и пренебречь остальными. Из этих соображений в модель были включены: все валики; печатный, формный и офсетный цилиндры; двигатель с редуктором и вариатором; некоторые кулачковые механизмы; рычажный механизм, поступательно перемещающий раскатные валики. Внешний вид модели в Nastran и расположение валиков и цилиндров показаны на рис. 4.

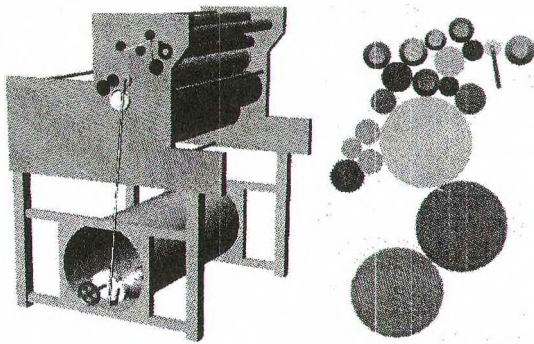


Рис. 4. Изображение модели печатной машины

Изменение скорости осуществляется при помощи вариатора. На рис. 5 изображена модель двигателя с вариатором и редуктором.

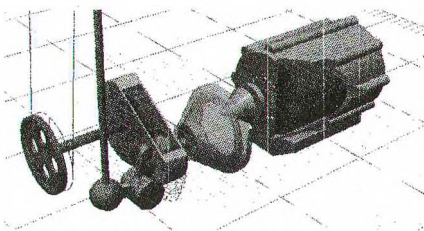


Рис. 5. Двигатель с вариатором и редуктором

Механическая характеристика двигателя задается по данным каталога. Приложив к валу двигателя момент сопротивления M_s , зависящий от угловой скорости (согласно механической характеристике), можно произвести моделирование колебаний этого момента, вызванных вариациями приведенного момента инерции механизма, обусловленными, в основном, возвратно-поступательным движением раскатных валиков и кулачковыми механизмами.

Исходя из величины этих колебаний, можно судить о возможности установки на эту машину исследуемого двигателя. Эти значения также используются для подстановки в систему дифференциальных уравнений для получения ди-

намической механической характеристики двигателя с учетом электромагнитных процессов.

Система уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \psi_{sa}}{\partial t} &= \sqrt{2}U_n \cos(\omega_s t) - Ar_s(\psi_{sa}L_r - \psi_{ra}L_m) \\ \frac{\partial \psi_{sb}}{\partial t} &= -\sqrt{2}U_n \sin(\omega_s t) - Ar_s(\psi_{sb}L_r - \psi_{rb}L_m) \\ \frac{\partial \psi_{ra}}{\partial t} &= -Ar_r(\psi_{ra}L_s - \psi_{sa}L_m) + \omega\psi_{rb} \\ \frac{\partial \psi_{rb}}{\partial t} &= -Ar_r(\psi_{rb}L_s - \psi_{sb}L_m) - \omega\psi_{ra} \\ M &= \frac{3}{2}pL_m A(\psi_{sa}\psi_{rb} - \psi_{sb}\psi_{ra}) \\ \frac{\partial \omega}{\partial t} &= \frac{P}{J}(M - M_s) \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Первые четыре уравнения описывают электромагнитные процессы в двигателе, пятое уравнение определяет движущий момент двигателя, а последнее уравнение является механическим дифференциальным уравнением вращательного движения ротора.

Система уравнений (1) решалась в Mathcad, и по результатам ее решения построен график зависимости движущего момента от угловой скорости. На рис. 5 построены две кривые: с колебаниями – по вышеописанным расчетам; без колебаний – разгон двигателя на холостом ходу при пренебрежимо малом моменте инерции ротора.

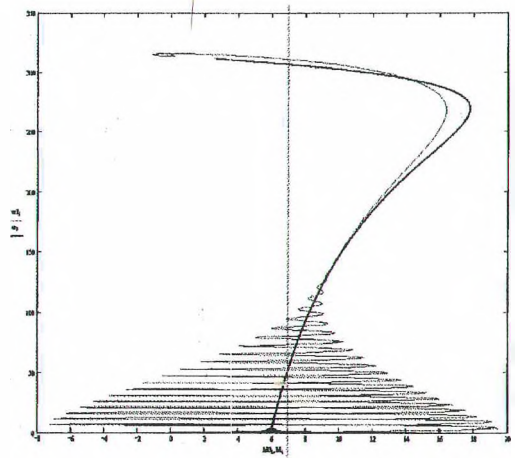


Рис. 6. Зависимость движущего момента электромотора от угловой скорости

Литература

1. Попов С. А., Тимофеев Г. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. – М.: Высш. школа, 2002.
2. Кирьянов Д. А. Самоучитель Mathcad 2001. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
3. Шимкович Д. Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2001.
4. Бокун Г. С., Вихренко В. С., Гляков С. А. // Теоретическая и прикладная механика. Межведомственный сборник научно-методических статей. – Мн.: БНТУ, 2005. – Вып. 18. – С. 215–220.