

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТОВ MathCAD И NASTRAN ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ МЕХАНИЗМОВ И ИХ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Бокун Г.С., Гапанюк Д.В., Козырский Н.В.

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Цель данной работы продемонстрировать построение рычажных механизмов с заданной кинематической схемой в Nastran и MathCAD, а также проведение кинематического анализа заданного механизма: вычисление функций положения, определение крайних положений, определение первых и вторых передаточных функций, сравнительный анализ полученных результатов.

Для построения механизма в среде MathCAD необходимо составить системы уравнений, определяющих положение звеньев механизма и координат их центров масс, для чего используем метод замкнутых контуров. Кинематическая схема механизма (рис. 1), длины всех звеньев и величина силы полезных сопротивлений P_{nc} , которая действует только на рабочем ходу, заданы по условию. Для нахождения координат всех необходимых точек (кинематических пар и центров масс каждого звена) в пакете MathCAD составим системы уравнений для каждой группы Ассура.

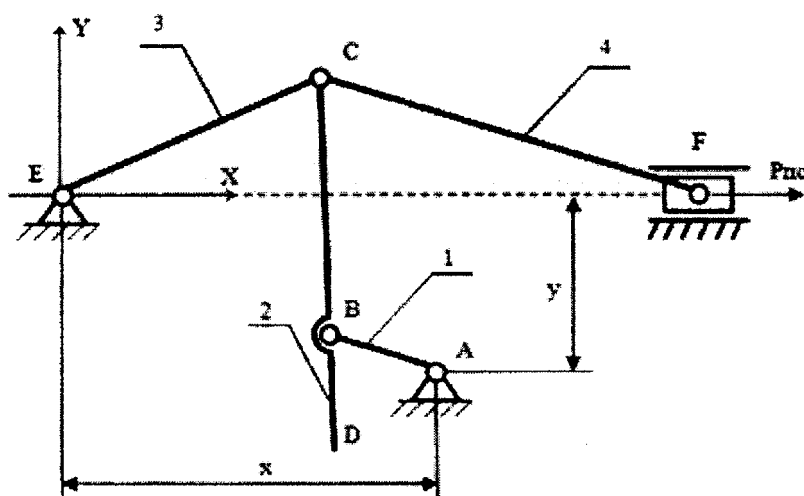


Рис. 1. Кинематическая схема механизма

$$\begin{array}{l}
 i := 0..362 \\
 \text{II}(0,1) \quad \left| \begin{array}{ll}
 xs1_i := x - 0.5 \cdot lab \cdot \sin(fi1_i) & xb_i := x - lab \cdot \sin(fi1_i) \\
 ys1_i := y + 0.5lab \cdot \cos(fi1_i) & yb_i := y + lab \cdot \cos(fi1_i)
 \end{array} \right. \quad (1)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Given} \\
 lec \cdot \cos(fi3) + lcb \cdot \sin(fi2) = xb_i \quad lec \cdot \cos(fi3) + 0.5 \cdot lcd \cdot \sin(fi2) = xs2 \\
 lec \cdot \sin(fi3) - lcb \cdot \cos(fi2) = yb_i \quad lec \cdot \sin(fi3) - 0.5 \cdot lcd \cdot \cos(fi2) = ys2 \\
 \text{II}(2,3) \quad \left| \begin{array}{lll}
 F(i) := \text{Find}(fi2, fi3, xs2, ys2) & fi2_i := F(i)_0 & fi3_i := F(i)_1 \quad xs2_i := F(i)_2 \quad ys2_i := F(i)_3 \\
 xs3_i := 0.5 \cdot lec \cdot \cos(fi3_i) & xc_i := lec \cdot \cos(fi3_i) & xd_i := lec \cdot \cos(fi3_i) + lcd \cdot \sin(fi2_i) \\
 ys3_i := 0.5 \cdot lec \cdot \sin(fi3_i) & yc_i := lec \cdot \sin(fi3_i) & yd_i := lec \cdot \sin(fi3_i) - lcd \cdot \cos(fi2_i)
 \end{array} \right. \quad (2)
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Given} \\
 & x_c + lcf \cdot \sin(fi4) = x5 \quad x_c + 0.5 \cdot lcf \cdot \sin(fi4) = xs4 \\
 & y_c - lcf \cdot \cos(fi4) = 0 \quad y_c - 0.5 \cdot lcf \cdot \cos(fi4) = ys4 \\
 & F(i) := Fnd(fi4, x5, xs4, ys4) \\
 & fi4_i := F(i)_0 \quad x5_i := F(i)_1 \quad xs4_i := F(i)_2 \quad ys4_i := F(i)_3
 \end{aligned} \tag{3}$$

По вычисленным координатам кинематических пар и центров масс каждого звена строим механизм в произвольном положении, предварительно составив функциональные зависимости T_x (T_y).

$$\begin{aligned}
 k &:= 0..360 \quad k := \text{FRAME} \quad x_e := 0 \quad y_e := 0 \quad i := 1..7 \\
 T_{x_1} &:= x \quad T_{x_2} := x_{b_k} \quad T_{x_3} := x_{d_k} \quad T_{x_4} := x_{c_k} \quad T_{x_5} := 0 \quad T_{x_6} := x_{c_k} \quad T_{x_7} := x_{5_k} \\
 T_{y_1} &:= y \quad T_{y_2} := y_{b_k} \quad T_{y_3} := y_{d_k} \quad T_{y_4} := y_{c_k} \quad T_{y_5} := 0 \quad T_{y_6} := y_{c_k} \quad T_{y_7} := 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

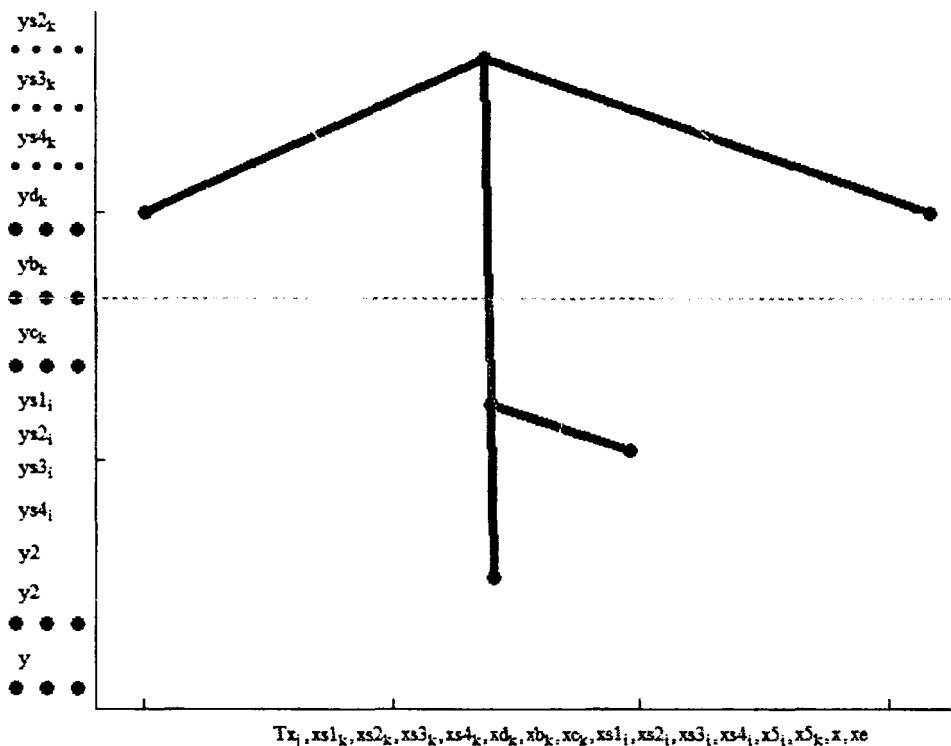


Рис. 2. Схема механизма построенная в MathCAD

Особенностью использования программы Nastran, для моделирования механизмов является то, что она не требует задания каких-либо уравнений, а следует задать лишь свойства, расположение, взаимодействие тел друг с другом и вид моделирования. Также Nastran предоставляет возможность автоматического измерения некоторых физических величин и построения их графиков в зависимости от времени. Средства моделирования Nastran позволяют создавать реалистичные тела и механизмы в четырёхмерном пространстве (X, Y, Z, t), в отличие от пакета MathCAD, где все построения двумерны. Произведём построение механизма с помощью инструментов Cylinder (🔧), Coord (📍), Box (📦), Revolute Motor (⚙️), Revolute Joint (⚙️), Spherical Joint (🔴) и Rigid Joint on Slot (🔧).

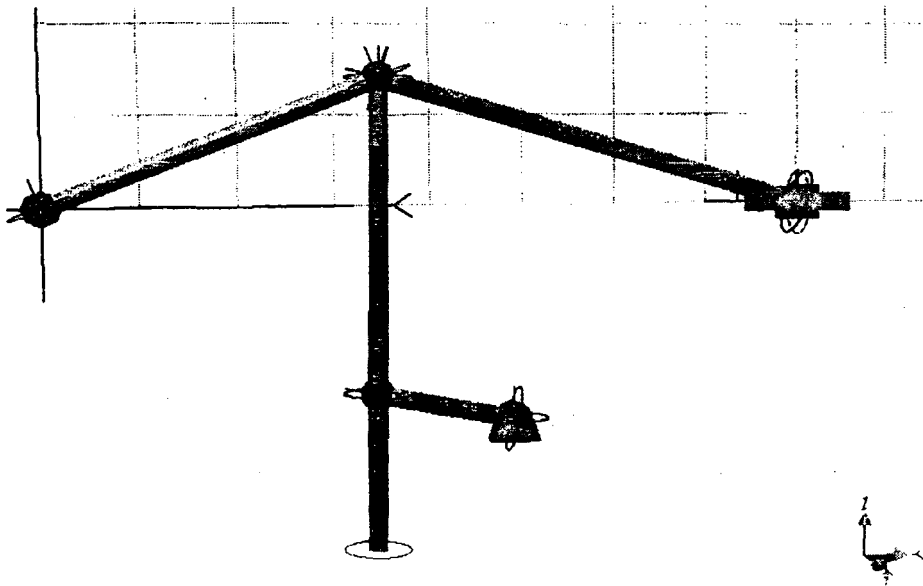


Рис. 3. Объемная модель механизма в программе Nastran

Рассчитаем в программе MathCAD передаточные функции механизма, используя формулу центрированной производной: $dx_i/dy_i = (x_{i+1} - x_{i-1}) / (y_{i+1} - y_{i-1})$, таким образом вычислив первые и вторые производные от координат центров тяжести и углов поворота звеньев механизма. Причём заранее было определено крайнее положение механизма.

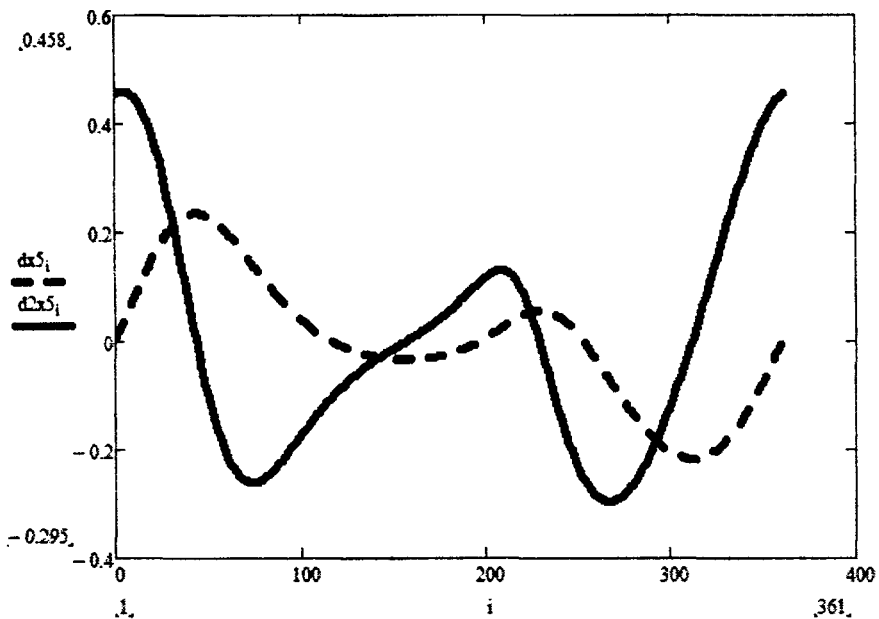


Рис. 4. Первая и вторая передаточные функции ползуна в MathCAD

Ниже приведены передаточные функции пятого звена, полученные при моделировании шестизвенного механизма в пакете Nastran. Причём для построения данных графиков функций не требовалась запись каких-либо уравнений или зависимостей, а были использованы встроенные средства пакета: Velocity и Acceleration. Полученные результаты идентичны в MathCAD и NASTRAN.

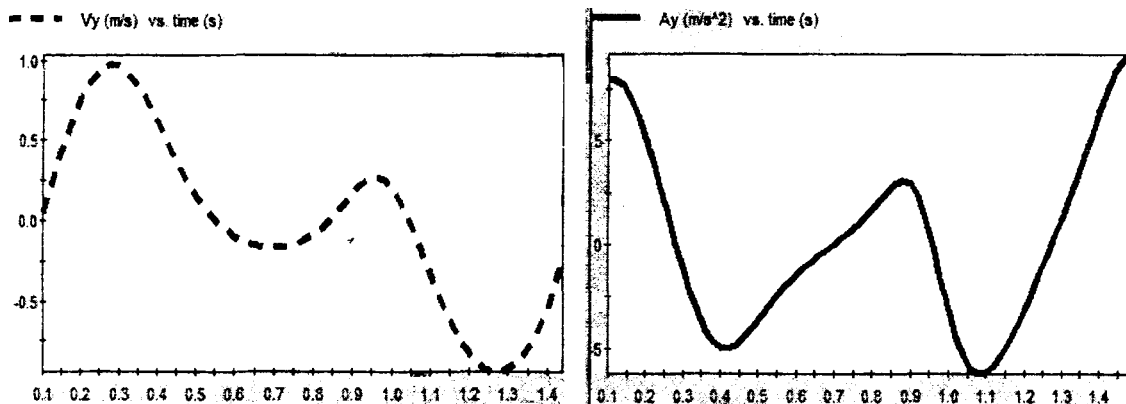


Рис. 5. Первая и вторая передаточные функции ползуна в Nastran

Построения механизмов в обоих пакетах и проведённые вычисления указывают на целесообразность использования как MathCAD, так и Nastran для моделирования рычажных механизмов, их кинематического анализа, а Nastran предоставляет также широкие возможности визуализации в четырёхмерном пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокун, Г.С. Применение информационных технологий для учебного проектирования механизмов / Г.С. Бокун, В.С. Вихренко, С.А. Гляков // Теоретическая и прикладная механика. – 2005. – Вып. 18. – С. 215-220.
2. Гляков, С.А. Компьютерная механика. Динамический и кинематический анализ механических систем: курс лекций / С.А. Гляков [и др.]; под ред. М.А. Журавкова. – Минск: БГУ, 2006.
3. Девойно, Г.Н. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / под ред. Г.Н. Девойно. – Минск: Вышш. школа, 1986.