

Вектор приоритетов альтернатив относительно экономического фактора ( $W_{\text{ЭА}}$ ) определяется путем перемножения матрицы, сформированной из значений векторов приоритетов  $W_{21}$ ,  $W_{22}$ ,  $W_{23}$  на вектор  $W_{11}$ , определяющий значимость критериев, расположенных под экономическим фактором согласно формуле:

$$W_{\text{ЭА}} = [W_{21}, W_{22}, W_{23}] * W_{11}.$$
$$W_{\text{ЭА}} = \begin{pmatrix} 0,45 & 0,36 & 0,59 \\ 0,31 & 0,26 & 0,22 \\ 0,08 & 0,16 & 0,12 \\ 0,16 & 0,22 & 0,07 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,10 \\ 0,29 \\ 0,61 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,509 \\ 0,241 \\ 0,128 \\ 0,123 \end{pmatrix}.$$

Из этого следует, что на текущий момент для пользователя это не совсем приемлемо, степень риска 0,509 немного выше границы 0,5 (50%). Следует изменить показатели в лучшую сторону, либо ввести в рассмотрение дополнительные критерии[5].

Современные производственные структуры, представляют собой сложные многоуровневые системы, которые работают в условиях быстроменяющейся рыночной среды. Именно поэтому обеспечение эффективного управления такими структурами невозможно без использования информационных технологий.

Литература.

1. e-educ.ru//Управление проектами [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://e-educ.ru/pm4.html>
2. rusnauka.com//ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ// [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/Informatica/3\\_141209.doc.htm](http://www.rusnauka.com/Informatica/3_141209.doc.htm)
3. www.creativeconomy.ru//Методы оценки эффективности информационных систем//[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.creativeconomy.ru/articles/3638/>
4. virtual.ihst.ru //Вычисление медианы Кемени как итогового мнения группы экспертов.//[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://virtual.ihst.ru/sumkin/Sumkin-Application-of-algorithm-preprint.pdf>
5. Буряковский В.В. Финансы предприятий: [Текст]// Учебник. Буряковский В.В. – М.: Финансы и статистика, 2008.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕМАТИКИ ПЛОСКОГО МАНИПУЛЯТОРА СО СВОБОДНЫМИ ГИБКИМИ НИТЯМИ

*Е.Е. Клековкина, студент гр. 10380*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: katerickic@mail.ru*

Ранее в работе [2] рассматривалась кинематика манипулятора с фиксированной точкой прохождения нитей.

Несмотря на то, что кинематика манипулятора с фиксированной точкой прохождения нитей описывается достаточно простыми выражениями, его конструкция обладает рядом недостатков:

- а) трение в узлах, направляющих нить;
- б) непостоянство реакций в узлах, направляющих нить;
- в) неопределенность положения нити вследствие зазора в узлах, направляющих нить;
- г) дополнительная погрешность положения нити вследствие наличия скруглений на кромках узлов, направляющих нить.

Перечисленных недостатков лишены манипуляторы со свободными гибкими нитями, в которых нить непосредственно сматывается и наматывается на барабаны без контакта с какими-либо промежуточными узлами. Для реализации данной схемы необходимо разработать математическую модель кинематики манипулятора с гибкими свободными нитями.

На рисунке 1 представлена схема к составлению модели кинематики. При каждом фиксированном положении барабана крайняя точка нити может занимать положение, описываемое эвольвентой. Конкретное положение манипулируемой точки определяется пересечением двух эвольвент для каждой из нитей.

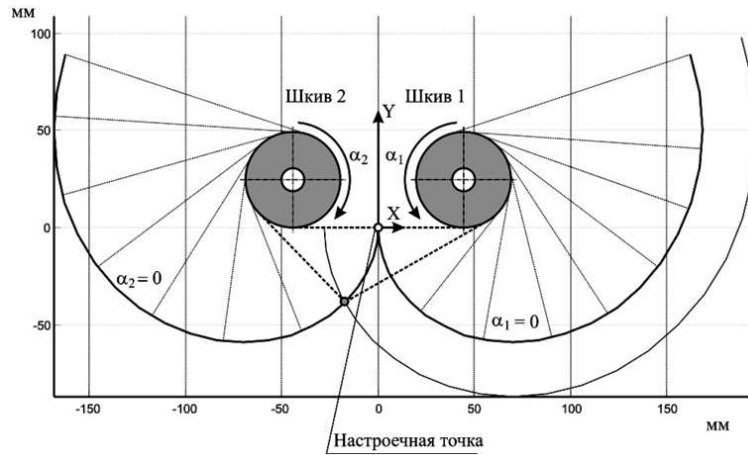


Рис. 1. Схема к составлению модели кинематики манипулятора со свободными гибкими нитями

Для определения начальных точек отсчета был предложен следующий способ: выставить барабаны так, чтобы манипулируемая точка оказалась точно посередине между осями барабанов. Эта точка принята за начало отсчета системы координат, а соответствующее положение шкивов соответствует нулевым значениям углов поворота шкивов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Таким образом, чтобы найти все положения, которые может занимать манипулируемая точка, необходимо построить семейство кривых для каждого из барабанов.

Для определения всего набора эвольвент составлена расчетная схема, приведенная на рисунке 2.

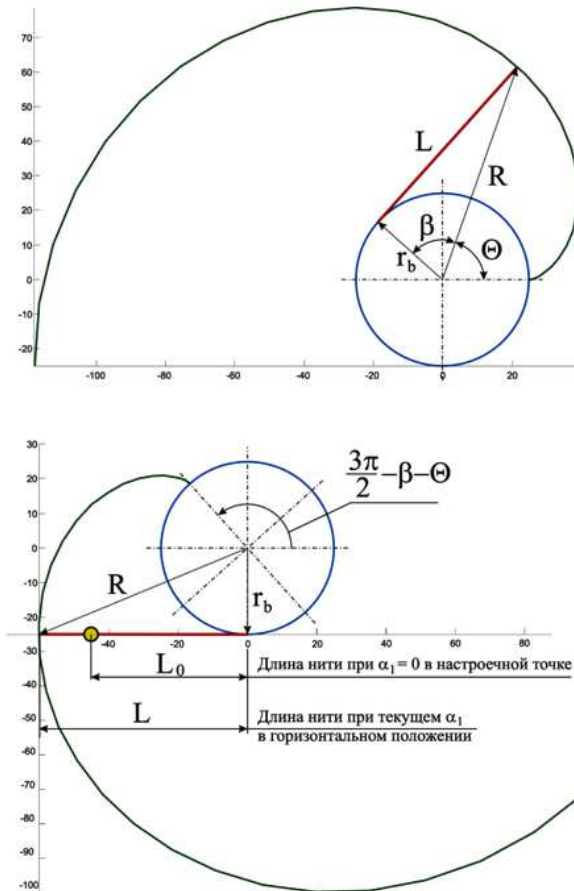


Рис. 2. Расчетная схема к вычислению семейства эвольвент

На верхней схеме изображена стандартная эвольвента, описываемая уравнениями:

$$\begin{aligned}x &= r_b \cdot \sin \beta - r_b \cdot \beta \cdot \cos \beta, \text{ мм;} \\y &= r_b \cdot \cos \beta + r_b \cdot \beta \cdot \sin \beta, \text{ мм;} \end{aligned} \quad (5)$$

где  $r_b$  – радиус начальной окружности, мм;

$\beta$  – угол эвольвенты.

Если развернуть эвольвенту, чтобы касательная к текущей точке легла горизонтально, то длина этой касательной  $L$ , которая выражает длину нити, определяется угловой координатой шкива  $\alpha$ :

$$L = L_0 - \frac{d\alpha}{2}, \text{ мм;} \quad (6)$$

где  $d$  – диаметр шкива, мм;

$L_0$  – длина нити в начальном положении, мм.

Длина нити в начальном положении может быть определена через межосевое расстояние шкивов  $a$ :

$$L_0 = a/2, \text{ мм;} \quad (7)$$

Из формул, описывающих характеристики эвольвенты, можем найти углы  $\beta$  и  $\Theta$ :

$$\beta = \arccos\left(\frac{r_b}{R}\right) = \frac{r_b}{\sqrt{L^2 + r_b^2}}; \quad (8)$$

$$\Theta = \text{tg} \beta - \beta.$$

Таким образом, можно определить требуемый угол доворота  $\gamma$  по формуле (3.8):

$$\gamma = \frac{3\pi}{2} - \beta - \Theta. \quad (9)$$

Поворот точки на требуемый угол относительно начала системы координат осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned}x_1 &= x \cdot \cos \gamma - y \cdot \sin \gamma; \\y_1 &= x \cdot \sin \gamma + y \cdot \cos \gamma. \end{aligned} \quad (10)$$

Соответственно, для данного угла поворота шкива  $\alpha$  можем по формулам (5) определить координаты эвольвенты и осуществить поворот на угол  $\gamma$  по формуле (10).

На основании выражений (5) – (10) был составлен ряд программ в системе MATLAB. Результаты расчета семейств эвольвент показаны на рисунке 3. Прямоугольником выделена рабочая зона манипулятора.

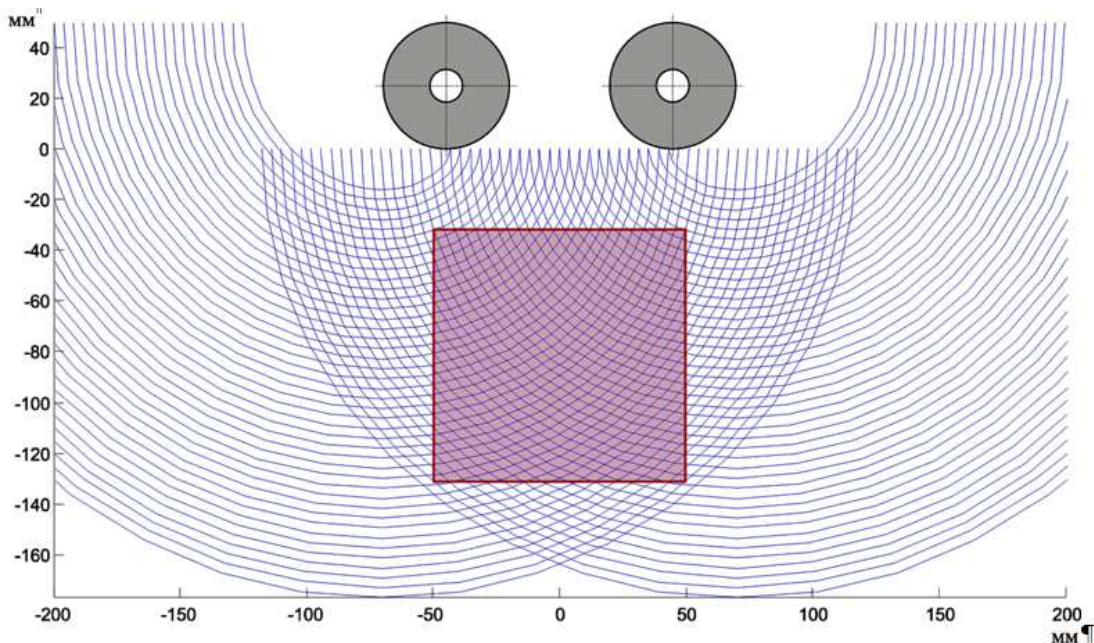


Рис. 3. Семейства эвольвент для каждого из шкивов манипулятора

Для того чтобы найти все положения, которые может занимать манипулируемая точка, необходимо найти точки пересечения этих линий и оставить только те, которые лежат внутри рабочей зоны. Для решения этой задачи были составлены две программы системы MATLAB, находящие точки пересечения кривых из различных семейств, путём решения систем из двух нелинейных уравнений.

Результаты выполнения данной программы представлены на рисунке 4.

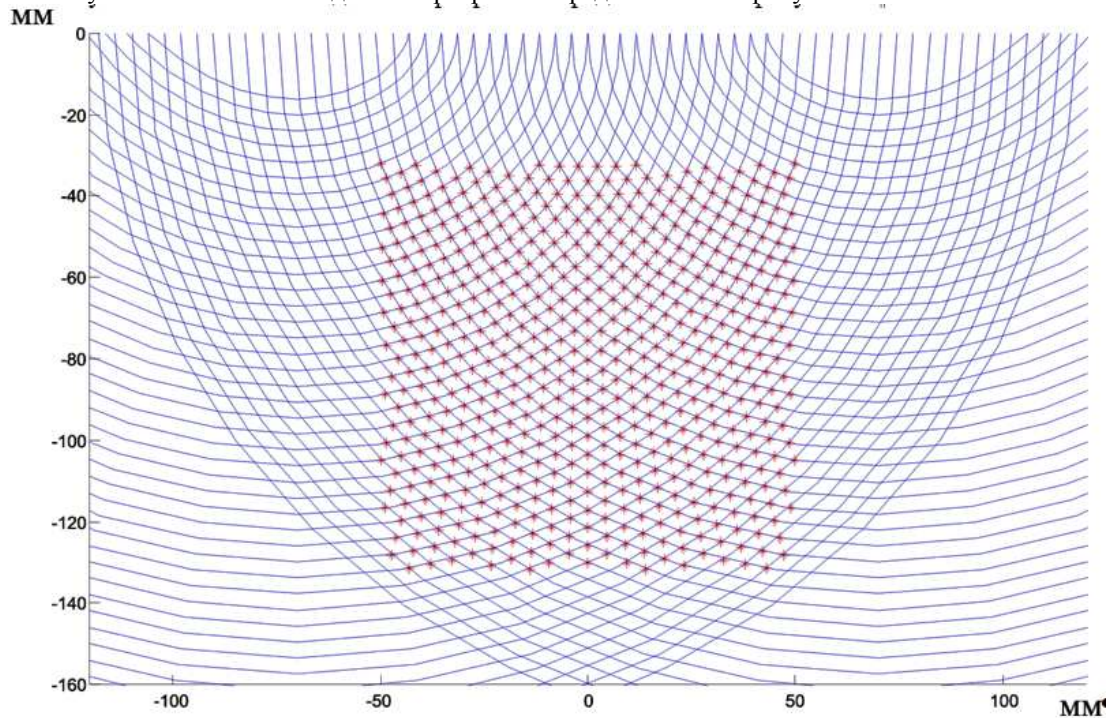


Рис. 4. Результаты расчетов систем нелинейных уравнений

Как видно из рисунка 4, программа корректно находит точки пересечения внутри рабочей зоны. На данном рисунке видно, что точность позиционирования для манипулятора отличается в разных областях рабочей зоны. В нижней части наблюдается максимальная погрешность по оси X, а в верхней части по оси Y. На рисунке 4 приведены расчеты для увеличенного шага по углу  $\alpha$ . Угол увеличен в 5 раз в сравнении с действительным шагом шагового двигателя.

Были произведены расчеты всех возможных положений манипулируемой точки для действительного шага двигателя. Для выполнения расчета были решены 43264 системы из двух нелинейных уравнений, а общее количество точек положения манипулятора в рабочей зоне составило 14656. Результаты расчетов сохранены в файл данных и составлена программа, которая по заданным координатам находит ближайшую расчетную точку и соответствующие углы поворота барабанов, что позволяет осуществить управление макетом.

Литература.

1. Клековкина Е. Е. , Вальтер А. В. Схема и кинематика двухкоординатного манипулятора с гибкими нитями // Сборник научных трудов SWorld: материалы Международной научно-практической конференции "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013", Одесса, 18-29 Июня 2013. - Одесса: Куприенко С.В., 2013 - Т. 2 - С. 75-78
2. Клековкина Е. Е. Разработка и исследование схемы двухкоординатного манипулятора с гибкими нитями // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 4-6 Апреля 2013. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 - С. 136-138.
3. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1978. – 222 с., ил. – (Б-ка расчетчика).
4. Толстунов О.Г. Пространственный манипулятор с гибким подвесом объекта перемещения // Сборник трудов IV Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – С. 247–253.