

УДК 532.516

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

Д. Г. Кроль, Н. В. Иноземцева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Проведен кинематический анализ плоских шарнирных механизмов с группой Ассура III или IV класса. Построена математическая модель кинематического анализа. Реализована программа расчета в математическом пакете MathCad. Представлены графики зависимостей кинематических параметров для всех звеньев группы Ассура.

Ключевые слова: кинематический анализ, плоский шарнирный механизм, группа Ассура III класса, группа Ассура IV класса.

KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FLAT HINGE MECHANISMS WITH COMPLICATED STRUCTURE

D. G. Kroll, N. V. Inozemtseva

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A kinematic analysis is carried out for flat hinge mechanisms with Assur groups of 3rd or 4th class. A mathematical model of the kinematic analysis is built. The calculation program is realized in the MathCad package. For all links of Assur groups dependences of kinematic parameters are presented.

Key words: kinematic analysis, flat hinge mechanisms, Assur groups of 3rd class, Assur groups of 4th class.

Плоские рычажные механизмы получили широкое распространение в современных машинах, подавляющее большинство которых базируется на группах Ассура II класса. Для таких механизмов уже разработаны методы кинематического исследования [1, 2]. Плоские механизмы, в состав которых входят группы Ассура III и (или) IV класса (механизмы сложной структуры), все чаще используются в современной технике: в технологических машинах легкой промышленности, в горнодобывающей технике и т. д. [3]. Данные механизмы имеют более широкие кинематические возможности для получения нужных для промышленности законов движения выходного звена. Однако долгое время их применение ограничивалось малой изученностью, сложностью кинематического анализа и синтеза. Следовательно, разработка методов и выполнение кинематического исследования механизмов сложной структуры является задачей весьма актуальной.

Цель работы – определение кинематических характеристик плоских шарнирных механизмов с группой Ассура III или IV класса.

Рассмотрим два плоских шарнирных рычажных механизма, содержащих группу Ассура III класса (рис. 1, а) и группу Ассура IV класса (рис. 1, б).

Для решения первой задачи кинематики для каждой схемы механизма рассмотрим по два контура.

Механизм с группой Ассура III класса:

$$\vec{r}_A + \vec{r}_{AB} + \vec{r}_{BC} = \vec{r}_F + \vec{r}_{FC}, \quad \vec{r}_A + \vec{r}_{AB} + \vec{r}_{BD} = \vec{r}_E + \vec{r}_{ED}. \quad (1)$$

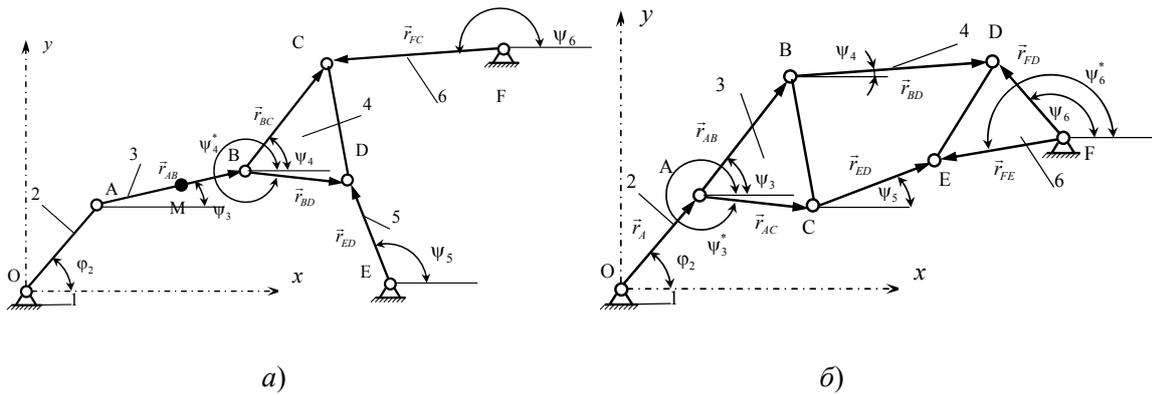


Рис. 1. Схемы механизма с группой Ассур III (а) и IV (б) класса и расположение векторов для кинематического анализа

Спроецируем векторные уравнения (1) на координатные оси x и y и получим систему четырех нелинейных уравнений с четырьмя неизвестными $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$:

$$\begin{aligned} x_A + l_{AB} \cos \psi_3 + l_{BC} \cos \psi_4 &= x_F + l_{CF} \cos \psi_6, & y_A + l_{AB} \sin \psi_3 + l_{BC} \sin \psi_4 &= y_F + l_{CF} \sin \psi_6, \\ x_A + l_{AB} \cos \psi_3 + l_{BD} \cos(\psi_4^*) &= x_E + l_{DE} \cos \psi_5, & y_A + l_{AB} \sin \psi_3 + l_{BD} \sin(\psi_4^*) &= y_E + l_{DE} \sin \psi_5. \end{aligned} \quad (2)$$

$$x_A - l_{OA} \cos \varphi_2, \quad y_A = l_{OA} \sin \varphi_2, \quad \psi_4^* = 2\pi - \angle CBD + \psi_4.$$

Механизм с группой Ассур IV класса:

$$\vec{r}_A + \vec{r}_{AB} + \vec{r}_{BD} = \vec{r}_F + \vec{r}_{FD}, \quad \vec{r}_A + \vec{r}_{AC} + \vec{r}_{CE} = \vec{r}_F + \vec{r}_{FE};$$

$$\begin{aligned} x_A + l_{AB} \cos \psi_3 + l_{BD} \cos \psi_4 &= x_F + l_{FD} \cos \psi_6, & y_A + l_{AB} \sin \psi_3 + l_{BD} \sin \psi_4 &= y_F + l_{FD} \sin \psi_6, \\ x_A + l_{AC} \cos \psi_3 + l_{CE} \cos(\psi_5) &= x_F + l_{FE} \cos \psi_6, & y_A + l_{AC} \sin \psi_3 + l_{CE} \sin(\psi_5) &= y_F + l_{FE} \sin \psi_6. \end{aligned} \quad (3)$$

$$x_A = l_{OA} \cos \varphi_2, \quad y_A = l_{OA} \sin \varphi_2, \quad \psi_3^* = 2\pi - \angle BAC + \psi_3,$$

$$\psi_6^* = \angle DFE + \psi_6, \quad \psi_6^* = \angle DFE + \psi_6, \quad \angle BAC = \arccos\{(l_{AB}^2 + l_{AC}^2 - l_{BC}^2)/(2l_{AB}l_{AC})\}.$$

Решение систему уравнений (2) или (3) находили численным методом с помощью математического пакета MathCad (неизвестными величинами являются параметры $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$). Единственность решения достигалась корректным заданием начального значения параметров $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$, которое было получено графоаналитическим способом с помощью метода геометрических мест [4]. Для определения скоростей и ускорений звеньев механизма воспользуемся системой уравнений (2) или (3). Например, для механизма с группой Ассур III класса продифференцируем систему уравнений (2) по φ_2 (здесь данные уравнения не приводятся) и получим систему четырех линейных алгебраических уравнений с четырьмя неиз-

вестными аналогами скоростей: $\frac{d\psi_3}{d_2}, \frac{d\psi_4}{d_2}, \frac{d\psi_5}{d_2}, \frac{d\psi_6}{d_2}$. Решаем полученную систему

четырёх уравнений с помощью математического пакета MathCad и определяем аналогии скоростей. Продифференцировав еще раз полученную систему уравнений по φ_2 , найдем систему четырех линейных алгебраических уравнений с четырьмя

аналогами ускорений: $\frac{d^2\psi_3}{d_2^2}, \frac{d^2\psi_4}{d_2^2}, \frac{d^2\psi_5}{d_2^2}, \frac{d^2\psi_6}{d_2^2}$. Полученную систему также решали

численным методом с помощью математического пакета MathCad.

Аналогичные уравнения можно получить и для механизма с группой Ассура IV класса.

Результаты расчетов. Приведем здесь результаты кинематического расчета механизма (рис. 1) при следующих входных параметрах: $l_{OA} = 0,1$ м, $l_{AB} = 0,3$ м, $l_{BD} = 0,2$ м, $l_{DE} = 0,3$ м, $l_{BC} = 0,2$ м, $l_{CF} = 0,3$ м, $l_{CD} = 0,2$ м, $x_F = 0,5$ м, $y_F = 0,2$ м, $x_E = 0,4$ м, $y_E = -0,2$ м. На рис. 2 приведены зависимости кинематических параметров 4-го звена от угла поворота 2-го кривошипа (для наглядности – на графиках угол φ_2 в градусах).

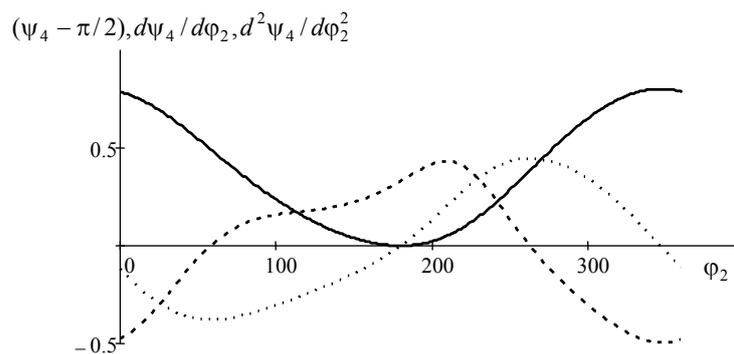


Рис. 2. Кинематические параметры 4-го звена:
координата $\psi_4 - \pi/2$ (сплошная линия),
аналог скорости $d\psi_4/d_2$ (пунктирная линия),
аналог ускорения $d^2\psi_4/d_2^2$ (штриховая линия)

В работе выполнен кинематический анализ плоских шарнирных механизмов сложной структуры. Получены формулы кинематического анализа для двух различных механизмов: с группой Ассура III класса и IV класса. Реализована программа расчета в математическом пакете MathCad. Представлены графики зависимостей кинематических параметров для всех звеньев группы Ассура.

Литература

1. Тащилин, Л. Н. Аналитический метод кинематического анализа рычажных механизмов / Л. Н. Тащилин // Computational nanotechnology. – 2018. – № 3. – С. 16–19.
2. Yamamoto, Tatsuya. Automated Kinematic Analysis of Closed-Loop Planar Link Mechanisms / Tatsuya Yamamoto, Nobuyuki Iwatsuki and Ikuma Ikeda // Machines. – 2020. – N 8, iss. 41. – P. 1–16.

3. Дворников, Л. Т. Кинематическое и кинетостатическое исследование двухсекционного грохота / Л. Т. Дворников, С. П. Стариков // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 44–46.
4. Пейсах, Э. Е. Определение положений звеньев трехпроводковой и двухпроводковой четырехзвенных групп Ассура с вращательными парами / Э. Е. Пейсах // Машиноведение. – 1985. – № 5. – С. 55–61.

УДК 539.12

СПИНОВАЯ СТРУКТУРА НУКЛОНА В ГЛУБОКОНЕУПРУГОМ РАССЕЙНИИ (АНТИ) НЕЙТРИНО НА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПРОТОНАХ И НЕЙТРОНАХ

Е. С. Тимошин, С. И. Тимошин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Получены вклады кварков и антикварков в нуклонный спин на основе измеряемых величин глубоконеупругого рассеяния (анти) нейтрино на поляризованных протонах и нейтронах с заряженным током.

Ключевые слова: протон, нейтрон, спин, нейтрино, кварк.

THE SPIN STRUCTURE OF THE NUCLEON IN THE DEEP INELASTIC SCATTERING (ANTI) NEUTRINO OFF POLARIZED PROTONS AND NEUTRONS

E. S. Timoshin, S. I. Timoshin

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The quark contributions in the nucleon spin were obtained from the measurable quantities of the deep inelastic scattering (anti) neutrino off polarized protons and neutrons with charged current.

Keywords: proton, neutron, spin, neutrino, quark.

Для решения проблемы спина нуклона важное значение имеет ароматовое разделение вкладов кварков и антикварков [1].

В настоящее время отдельно Δq и $\Delta \bar{q}$ получают из полуинклюзивного IN -ГНР [2]. Однако здесь данные существенно зависят от функций фрагментации [1, 3], что вносит в них дополнительные неопределенности. Разделение Δq и $\Delta \bar{q}$ возможно в процессах глубоконеупругого рассеяния (ГНР) нейтрино и антинейтрино на поляризованных мишенях с заряженным током [4, 5].

Нейтринные процессы имеют ряд преимуществ: естественная поляризация нейтрино, число поляризационных структурных функций (СФ) больше, чем для ГНР заряженных лептонов на нуклонах с электромагнитным током из-за несохранения четности в слабых взаимодействиях [4–6]. Поэтому нейтрино является удобным инструментом для изучения спиновой структуры нуклона.

Однако проведение нейтринных экспериментов с поляризованными мишенями связано с техническими трудностями, главная из которых – огромная масса мишени, необходимая для сбора нужной статистики. Светимость существующих нейтринных пучков потребует мишеней размером несколько метров, которые не могут быть поляризованы.