

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ ¹

Левчик Д.В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Шарнирно-рычажные механизмы широко применяются в технологическом оборудовании горного, металлургического и коксохимического производств. Большинство из них представляет собой базовый механизм – шарнирный четырехзвенник с присоединенными к нему двухповодковыми группами различных модификаций.

Поэтому при синтезе и анализе таких механизмов приходится, как правило, решать задачу кинематического исследования плоского четырехзвенного кривошипно-коромыслового механизма, т.е. определения углов поворота, угловых скоростей и ускорений его звеньев в зависимости от обобщенной координаты – угла, определяющего положение кривошипа.

Решение этой задачи можно выполнять как графическим методом – методом планов, так и аналитическим – получением уравнений, описывающих законы движения звеньев механизма и дальнейшим исследованием этих уравнений. Рациональным является освоение обоих методов решения и сравнения полученных результатов.

Для примера применения двух методов исследования рассмотрим определение кинематических параметров механизма, представленного на рис. 1а,б (различные варианты сборки)

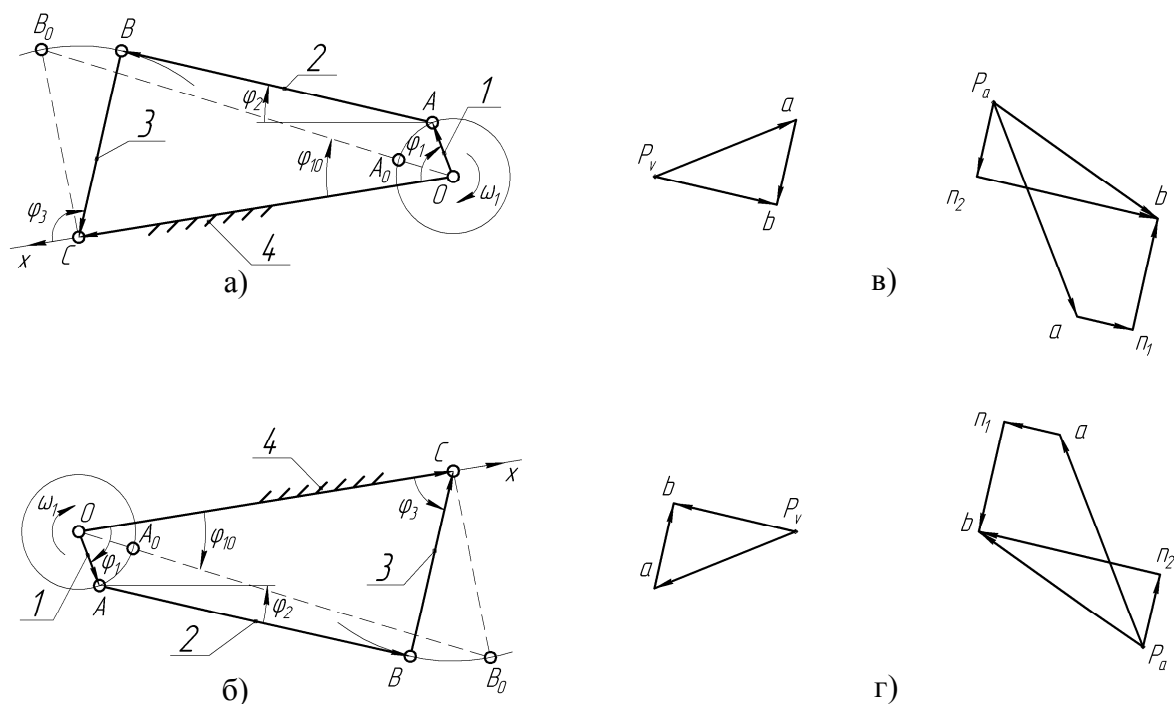


Рисунок 1 – Схема механизма различных вариантов сборки.
Планы скоростей и ускорений

¹ Руководитель: Гордиенко Э.Л.

Графическое исследование этого механизма, т.е. построение планов скоростей и ускорений, выполняется известным в теории механизмов и машин методом и представлено для одного положения механизма на рис.1 в,г. Имея эти планы, можно определить мгновенные значения угловых скоростей и ускорений звеньев

$$\omega_2 = \frac{V_{B-A}}{l_{AB}}, \omega_3 = \frac{V_B}{l_{BC}}, \varepsilon_2 = \frac{a_{B-A}^\tau}{l_{AB}}, \varepsilon_3 = \frac{a_B^\tau}{l_{BC}}.$$

Для аналитического решения этой задачи применяется метод замкнутого векторного контура. Векторный контур, показанный на рис. 1а,б, записывается уравнением:

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3 = \bar{l}_4.$$

Проекция этого уравнения на оси координат X и Y, имеет вид

$$\begin{cases} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 = l_4 \cos \varphi_4 \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 = l_4 \sin \varphi_4 \end{cases} \quad (1)$$

Введя обозначения

$$l_4 - l_1 \cos \varphi_1 = q,$$

$$l_1 \sin \varphi_1 = u,$$

$$\frac{u}{q} = \operatorname{tg} \nu, \quad \frac{q^2 + u^2 - l_3^2 + l_2^2}{2ql_2} = c, \quad \frac{q^2 + u^2 + l_3^2 - l_2^2}{2ql_3} = a.$$

Формулы для вычисления углов φ_2 и φ_3 после соответствующих замен и преобразований системы уравнений (1) имеют вид

$$\varphi_2 = \arccos(c \cdot \cos \nu) - \nu, \quad (2)$$

$$\varphi_3 = \arccos(a \cdot \cos \nu) + \nu. \quad (3)$$

Угловые скорости и ускорения звеньев 2 и 3 определяются после дифференцирования уравнения (1) по времени и соответствующих преобразований

$$\omega_2 = -\omega_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_1 + \varphi_3)}{l_2 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (4)$$

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega_1^2 l_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_3) + \omega_3^2 l_3 + \omega_2^2 l_2 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}{-l_2 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_1^2 l_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \omega_2^2 l_2 + \omega_3^2 l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}{-l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}. \quad (7)$$

По приведенному алгоритму составлена компьютерная программа расчета кинематических параметров движения звеньев такого механизма и построения их графиков за цикл работы, т.е. за один оборот кривошипа. При этом за нулевое принимается одно из крайних положений механизма, поэтому в программе предусмотрен расчет начальной угловой координаты кривошипа φ_{10} , к которой затем прибавляется задаваемый шаг $\Delta\varphi_1$.

Аналитический расчет на ПК выполняется в таком порядке: запуск программы, ввод исходных данных в окне ввода (рис. 2), получение таблицы (кнопка «Таблица» в окне ввода) и получение графиков (кнопка «Графики» в окне ввода).

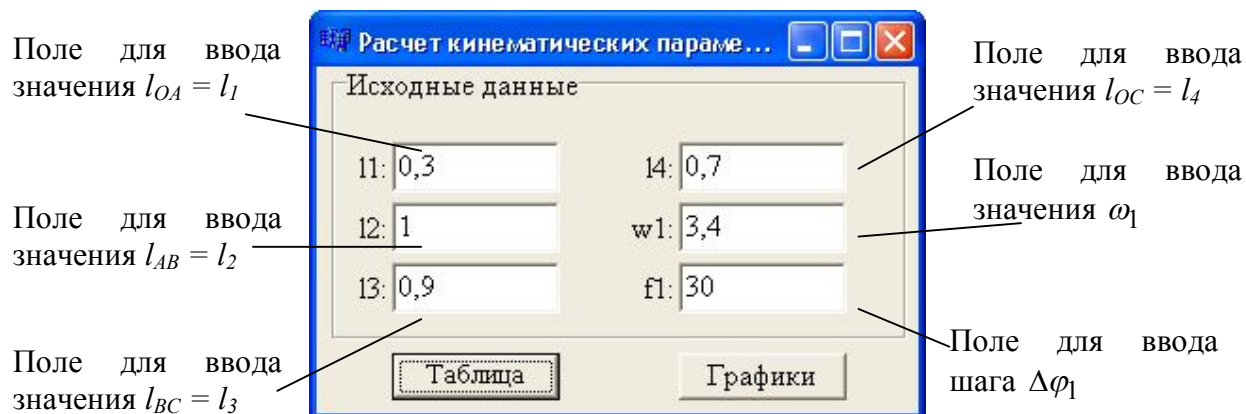


Рисунок 2 – Окно для ввода исходных данных

Для возможности сравнения результатов графического и аналитического расчетов шаг $\Delta\varphi_1$ выбирается одинаковым (или кратным целому числу) для построения планов и расчета по программе.

Далее производится сравнение кинематических параметров движения звеньев механизма, полученных аналитическим и графическим методами. Результаты сравнения можно сводятся в таблицу.

Таблица – Результаты аналитического и графического методов исследования

Положение механизма	Метод исследования	φ_1 град.	φ_2 град.	φ_3 град.	ω_2 рад/с	ω_3 рад/с	ε_2 рад/с ²	ε_3 рад/с ²
$\varphi_1 =$	Аналитич.							
	Графич.							
Расхождение в %								
$\varphi_1^* =$	Аналитич.							
	Графич.							
Расхождение в %								

Таким образом, рассмотрев предложенные методы кинематического исследования стержневых механизмов и сделав анализ полученных результатов, можно оценить целесообразность применения того или другого метода при решении различных инженерных задач.

Список литературы: 1. Теория механизмов и машин: Учеб. Для вузов/К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; под ред. К.В. Фролова. –М.: Высш. шк., 1987. - 496 с.