ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Մեխանիկա XIX, № 4, 1966 Механика

К. Х. ШАХБАЗЯН

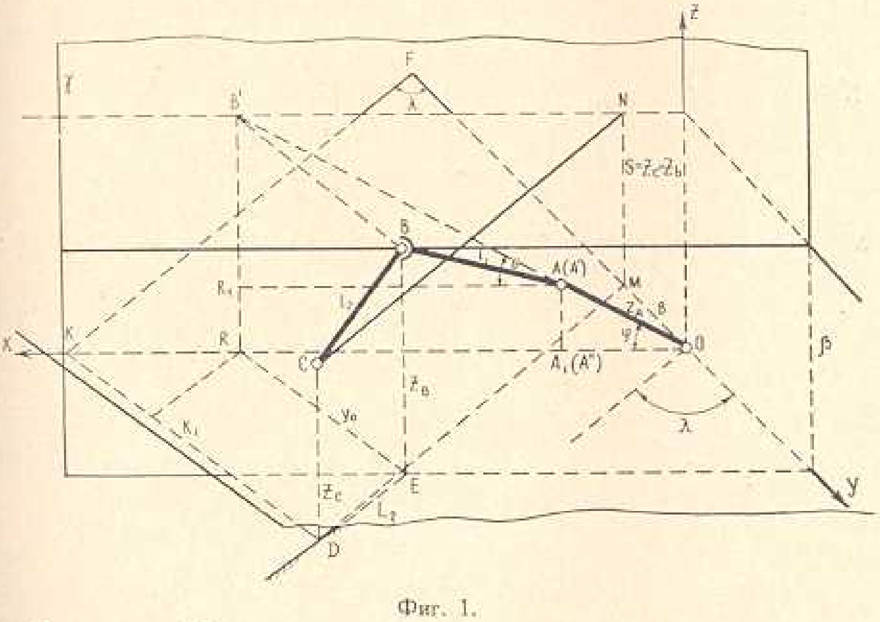
СИНТЕЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЯТИЗВЕННОГО КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА С РАСПОЛОЖЕНИЕМ ШАРОВОГО ШАРНИРА В СЕРЕДИНЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Вопрос синтеза этого механизма рассмотрен в монографии Ананова Г. Д. [1], где задача решается по двум крайним положениям ведомого звена.

В настоящей работе впервые дается аналитический метод решения задачи указанного механизма, где полученное выражение отклонения от заданной функции разрешает решить задачу по максимальному числу вычисляемых параметров.

Постановка задачи

На фиг. 1 изображена кинематическая схема пространственного пятизвенного механизма, преобразующего вращательное движение кривошипа OA в поступательное движение ползуна CD.



Фиг. 1.

Кривошип OA образует со стойкой первую вращательную пару, ось которой совпадает с неподвижной координатной осью Oy. Шатун

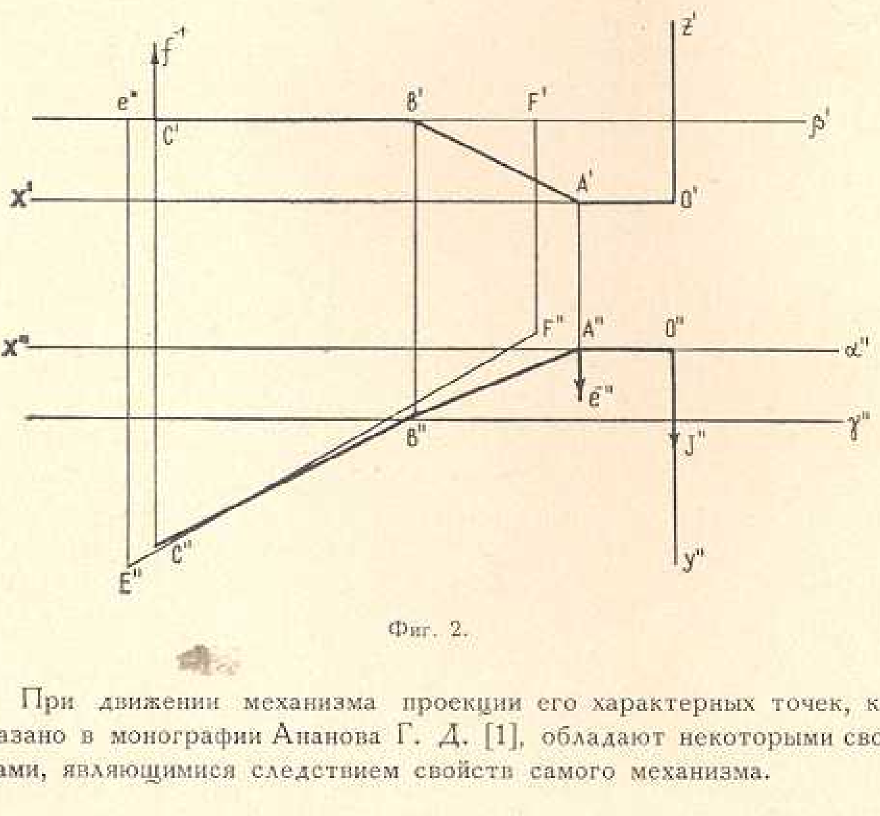
AB и кривошип OA образуют вторую вращательную пару, ось которой параллельна оси Oy. Шатуны AB и BC соединены между собой шаровым шарниром. Шатун BC и ползун CD образуют третью вращательную пару, ось которой параллельна оси Oz.

Ползун CD перемещается поступательно так, что все его точки описывают прямолинейные траектории, параллельные координатной плоскости xOy и произвольно наклоненные к координатным осям Ox и Oy.

Точка A расположена на оси второй вращательной пары и перемещается в плоскости xOz по окружности радиуса r_A. Точка B является центром шарового шарнира. Точка C принадлежит оси третьей вращательной пары и расположена с точкой B в одной плоскости, параллельной плоскости xOy.

В процессе движения механизма точка B перемещается, с одной стороны, в плоскости β, параллельной плоскости xOy и проходящей через точку C, а с другой стороны, в плоскости γ, параллельной плоскости xOz; следовательно, она перемещается вдоль линии пересечения плоскостей β и γ.

На фиг. 2 изображены ортогональные проекции неподвижной системы координат $Oxyz$, точек A, B и C, прямой EF, вдоль которой перемещается точка C, и ортов $\bar{j}$, $\bar{e}$, $\bar{f}$ трех вращательных пар.



Фиг. 2.

При движении механизма проекции его характерных точек, как показано в монографии Ананова Г. Д. [1], обладают некоторыми свойствами, являющимися следствием свойств самого механизма.

Рассматриваемый механизм при длине кривошипа $r_A = 1$ определяется следующими восемью относительными параметрами:

l_3 — наикратчайшее расстояние от шаровой пары B до оси вращательной пары A $(l_3 = \sqrt{l_1^2 - y_0^2})$, где l_1 — длина шатуна AB;

l_2 — наикратчайшее расстояние от шаровой пары B до вращательной пары C, т. е. длина шатуна BC;

y_0 — расстояние между параллельными плоскостями γ и xOz;

S — расстояние между скрещивающимися прямой NC (траектория точки C) и осью Oy;

λ — угол между скрещивающимися прямой NC и осью Oy;

b — расстояние от общего перпендикуляра к оси Oy и траектории точки C до начала координат O;

φ_0 — начальное значение угла поворота кривошипа OA;

ξ_{C0} — начальное значение координаты ξ_C точки C, соответствующее начальному углу φ_0, отсчитывая от точки N.

Выражение взвешенной разности

Для получения аналитического выражения отклонения от заданной функции $\xi_C = f(\varphi)$ составим выражение взвешенной разности Δ_q в виде

$$\Delta_q = (l_1)_\varphi^2 - l_1^2, \tag{1}$$

где $(l_1)_\varphi$ — расстояние между точками A и B при заданных φ и ξ_C,

$$(l_1)_\varphi^2 = (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2. \tag{2}$$

Координаты точек A и B выражаются через параметры механизма в следующем виде (см. фиг. 1):

$$x_A = \cos\varphi, \quad y_A = 0, \quad z_A = \sin\varphi, \tag{3}$$

$$x_B = \xi_C \sin\lambda - \sqrt{l_2^2 - (\xi_C \cos\lambda - b - y_0)^2},$$

$$y_B = y_0, \quad z_B = S. \tag{4}$$

Следовательно, уравнение (1) примет вид

$$\Delta_q = 2\xi_C (b + y_0)\cos\lambda - 2\xi_C \sin\lambda\cos\varphi - 2S\sin\varphi +$$
$$+ 2(\cos\varphi - \xi_C \sin\lambda)\sqrt{l_2^2 - (\xi_C\cos\lambda - b - y_0)^2} +$$
$$+ 1 + S^2 - l_1^2 - \xi_C^2 - b^2 - 2y_0 b + 2\xi_C^2 \sin^2\lambda. \tag{5}$$

Освобождаясь методом квадратичного приближения от квадратного корня, получаем

$$\Delta_q = (\cos\varphi - \xi_C\sin\lambda)[\omega l_2 - \omega_1(\xi_C\cos\lambda - b - y_0)] -$$
$$- \xi_C \sin\lambda\cos\varphi + \xi_C(b + y_0)\cos\lambda - S\sin\varphi +$$
$$+ \frac{1}{2}(1 + S^2 - l_1^2 - b^2 - 2y_0 b) - \frac{\xi_C^2}{2} + \xi_C^2\sin^2\lambda, \tag{6}$$

где $\omega = 1{,}2$; $\omega_1 = 0{,}71$.

Проверка значений Δ_q по формулам (5) и (6) показывает (значения параметров взяты из монографии Ананова Г. Д.), что они практически не отличаются, зато с помощью уравнения (6) становится возможным определить коэффициенты приближающей функции из системы линейных уравнений.

Приближенное выражение разности Δ_{ξ_C} имеет вид

$$\Delta_{\xi_C} = \frac{\Delta_q}{\dfrac{\partial \Delta_q}{\partial \xi_C}}. \tag{7}$$

Отклонение Δ_{ξ_C}, согласно выражению (7), зависит от восьми параметров механизма.

Задача синтеза рассматриваемого механизма и состоит в таком выборе этих параметров, при котором отклонение Δ_{ξ_C} в заданном интервале изменения угла φ и перемещения ξ_C мало.

Вычисление восьми параметров

Не останавливаясь на решении задачи по меньшему числу вычисляемых параметров, покажем, как решится задача по максимальному числу вычисляемых параметров.

Если требуется вычислить все восемь параметров l_2, l_3 b, S, y_0, λ, ξ_{CO} и φ_0, то выражение взвешенной разности (6) после подстановки $\varphi = \varphi_0 + \varphi_s$ и $\xi_C = \xi_{CO} + \xi_{CS}$ приводим к виду полинома

$$\Delta_q = 2\left[p_0 f_0(\varphi) + p_1 f_1(\varphi) + \cdots + p_7 f_7(\varphi) - F(\varphi)\right],$$

где

$$F(\varphi) = \frac{\xi_{CS}^2}{2},$$

$$f_0(\varphi) = \xi_{CS}, \qquad f_4(\varphi) = \xi_{CS} \sin \varphi_s,$$

$$f_1(\varphi) = \cos \varphi_s, \qquad f_5(\varphi) = \xi_{CS}^2,$$

$$f_2(\varphi) = \sin \varphi_s, \qquad f_6(\varphi) = \omega_1 \cos \varphi_s,$$

$$f_3(\varphi) = \xi_{CS} \cos \varphi_s, \quad f_7(\varphi) = 1;$$

$$\begin{aligned}
p_0 &= (b + y_0)\cos\lambda - (\omega l_2 - 2\omega_1 \xi_{CO} \cos\lambda + b + y_0 - 2\xi_{CO}\sin\lambda)\sin\lambda - \xi_{CO},\\
p_1 &= (\omega l_2 - \xi_{CO}\sin\lambda)\cos\varphi_0 - S\sin\varphi_0,\\
p_2 &= (\xi_{CO}\sin\lambda - S)\cos\varphi_0 - (\omega l_2 - \omega_1\xi_{CO}\cos\lambda + \omega_1 b + \omega_1 y_0)\sin\varphi_0,\\
p_3 &= -(\sin\lambda + \omega_1\cos\lambda)\cos\varphi_0,\\
p_4 &= (\sin\lambda + \omega_1\cos\lambda)\sin\varphi_0,\\
p_5 &= (\omega_1\cos\lambda + \sin\lambda)\sin\lambda,\\
p_6 &= (b - \xi_{CO}\cos\lambda + y_0)\cos\varphi_0,
\end{aligned} \tag{8}$$

$$p_7 = \frac{1}{2}(1 + S^2 - l_1^2 - b - 2y_0 b) + \xi_{CO}(b + y_0)\cos\lambda -$$

$$- \frac{1}{2}\xi_{CO}^2 - \xi_{CO}(\omega l_2 - \omega\xi_{CO}\cos\lambda + b + y_0 - \xi_{CO}\sin\lambda)\sin\lambda.$$

При интерполировании коэффициенты $p_0, p_1, \cdots, p_7$ вычисляются из системы линейных уравнений вида

$$p_0 f_0(\varphi_i) + p_1 f_1(\varphi_i) + \cdots + p_7 f_7(\varphi_i) = F(\varphi_i)$$
$$i = 1, 2, \cdots, 8.$$

Далее по формулам (8) определяем параметры механизма.

Аналогично решается задача методом квадратичного приближения.

Если точка B совершает движение в плоскости xOz, параметры $y_0 = 0$ и $l_3 = l_1$; следовательно, выражение взвешенной разности (6) примет более простой вид, и при вычислении максимального числа (семь) параметров коэффициенты приближающей функции также определятся из системы линейных уравнений.

Ереванский государственный
университет

Поступила 18 XII 1965

Կ. Խ. ՇԱՀԲԱԶՅԱՆ

ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՇՂԹԱՅԻ ԿԵՆՏՐՈՆՈՒՄ ՏԵՂԱՎՈՐՎԱԾ ԳՆԴԱՅԻՆ ՀՈԴԱԿԱՊՈՎ ՀՆԳՕՂԱԿ ՇՈՒՐՏՎԻԿ-ՍՈՂՆԱԿԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՍԻՆԹԵԶԸ

Ամփոփում

Հոդվածում տրված է մի մեթոդ, որի օգնությամբ հնարավոր է լինում նախագծել տարածական հինգօղակավոր մեխանիզմը՝ պարամետրերի ցանկացած քանակի դեպքում։

Խնդիրը լուծված է մաքսիմում, այսինքն 8 պարամետրերի դեպքում։ Արտածված գծային հավասարումները հնարավորություն են տալիս անալիտիկորեն հաշվելու մեխանիզմի պարամետրերի մեծությունները։

K. KH. SHAHBAZIAN

SYNTHESIS OF THE SPACE FIVE-LINK CRANK-SLIDER MECHANISM WITH THE BALL-AND-SOCKET LUNGE SET IN THE MIDDLE OF THE KINEMATIC CHAIN

Summary

The analytic method of the solution of the problem of synthesis of the space five-link crank-slider mechanism for the reproduction of the given motion law is considered.

The expression for the deviation from the given function has been obtained which makes it possible to solve the problem according to the maximum number of parameters to be calculated. The coefficients of the approximation function are determined by the linear equation system at any number of the parameters to be calculated.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананов Г. Д.* Кинематика пространственных шарнирных механизмов сельскохозяйственных машин. Машгиз, 1963.
2. *Левитский Н. И., Шахбазян К. Х.* Аналитический метод проектирования пространственного четырехзвенника с двумя вращательными и двумя шаровыми парами. Известия АН Арм.ССР, серия физ.-мат. наук, т. **10**, № 4, 1957.
3. *Шахбазян К. Х.* Синтез пространственного пятизвенного механизма. Журнал „Машиноведение" № 2, 1966, изд-во „Наука" АН СССР.