ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկ. գիտութ. սերիա XXVII, № 1, 1974 Серия технических наук

МАШИНОСТРОЕНИЕ

К. Х. ШАХБАЗЯН, Д. А. ДЖАГАЦПАНЯН

ОБ ОДНОМ АНАЛИТИЧЕСКОМ МЕТОДЕ СИНТЕЗА ПРИБЛИЖЕННЫХ ПРЯМИЛ

Для воспроизведения любой непрерывной плоской кривой по условию касания до пятого порядка практически можно использовать различные точки шатунной плоскости шарнирного четырехзвенника. Однако, прямое решение задачи синтеза [1, 3] с вычислением всех неизвестных параметров схемы механизма является довольно сложным, а полученные результаты могут оказаться неудовлетворительными. С этой точки зрения, решения задачи синтеза прямолинейно направляющего механизма целесообразнее вести при наперед заданных основных размерах схемы механизма; при этом оно сводится к отысканию положения шатунной точки, воспроизводящей приближенную прямую. Такое решение оказывается достаточно простым, так как подлежат определению два параметра схемы механизма, определяющие положение искомой шатунной точки.

Преимущество решения задачи синтеза в указанной постановке состоит в том, что выбор задаваемой схемы предопределяет выполнение ряда дополнительных конструктивных, кинематических и динамических требований.

С математической точки зрения имеем интерполяционную задачу с наперед заданными узлами интерполяции. Узлы интерполяции определяются точками совпадения шатунной кривой механизма с кривой заданного вида (с прямой) в заданных положениях механизма. Подобные задачи решены К. С. Ивановым [2] методом обращения движения.

Пусть задана кинематическая схема четырехзвенника A_0ABB (рис. 1) с основными размерами $A_0A=1$, $AB=l$, $BB_0=r$ и $A_0B_0=d$. Положение чертящей точки M в плоскости шатуна определится отрезками m и n, соответственно откладываемые от центра шарнира A по оси шатуна AB и от конца отрезка m перпендикулярно ей.

Положение точки M относительно неподвижной системы координат yA_0x определяется следующими координатами (начало координатной системы совпадает с центром шарнира A_0, а ось абсцисс A_0x совпадает со стойкой A_0B_0):

$$x = \cos\varphi + m\cos\alpha - n\sin\alpha; \tag{1}$$

$$y = \sin\varphi + m\sin\alpha + n\cos\alpha. \tag{2}$$

где

φ — угол между звеньями A_0A и A_0B_0 (обобщенная координата);

α — угол между звеньями AB и A_0B_0 (осью A_0x).

Уравнение прямой, на которой при заданных положениях φ_i, должна находиться чертящая точка шатуна M, будет

$$y = kx + b. \tag{3}$$

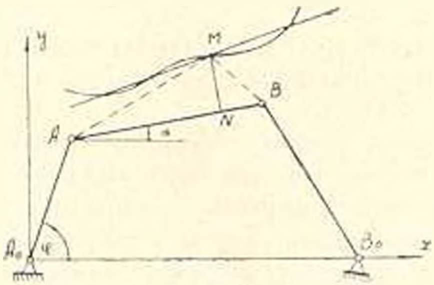

Рис. 1

Используя (1) и (2), получим:

$$\sin\varphi + m\sin\alpha + n\cos\alpha = k(\cos\varphi + m\cos\alpha - n\sin\alpha) + b. \tag{4}$$

В выражение (4) входят четыре параметра, подлежащие определению. Следовательно, задача решима при четырех заданных положениях механизма:

$$\left.\begin{aligned}
\sin\varphi_1 + m\sin\alpha_1 + n\cos\alpha_1 &= k(\cos\varphi_1 + m\cos\alpha_1 - n\sin\alpha_1) + b,\\
\sin\varphi_2 + m\sin\alpha_2 + n\cos\alpha_2 &= k(\cos\varphi_2 + m\cos\alpha_2 - n\sin\alpha_2) + b,\\
\sin\varphi_3 + m\sin\alpha_3 + n\cos\alpha_3 &= k(\cos\varphi_3 + m\cos\alpha_3 - n\sin\alpha_3) + b,\\
\sin\varphi_4 + m\sin\alpha_4 + n\cos\alpha_4 &= k(\cos\varphi_4 + m\cos\alpha_4 - n\sin\alpha_4) + b.
\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

Решая систему (5) путем последовательного исключения параметров k, b, $m(n)$, получим квадратное уравнение относительно n (m). При этом корни этого уравнения обязательно должны быть совпадающими.

Решим систему (5) иным методом. После соответствующих преобразований и обозначений имеем:

$$\begin{aligned}
\sin\varphi_1 + P_0\sin\alpha_1 + P_1\cos\alpha_1 + P_2\cos\varphi_1 + P_3 &= 0;\\
\sin\varphi_2 + P_0\sin\alpha_2 + P_1\cos\alpha_2 + P_2\cos\varphi_2 + P_3 &= 0;\\
\sin\varphi_3 + P_0\sin\alpha_3 + P_1\cos\alpha_3 + P_2\cos\varphi_3 + P_3 &= 0;\\
\sin\varphi_4 + P_0\sin\alpha_4 + P_1\cos\alpha_4 + P_2\cos\varphi_4 + P_3 &= 0,
\end{aligned} \tag{6}$$

где

$$P_0=m+kn;\quad P_1=n-km;\quad P_2=-k;\quad P_3=-b.$$

После вычисления коэффициентов P_0, P_1, P_2 и P_3 из системы линейных уравнений (6) определяем параметры:

$$m=\frac{P_0-P_1k}{1+k^2};\quad n=\frac{P_0k+P_1}{1+k^2};\quad k=-P_2;\quad b=-P_3. \tag{7}$$

Длины сторон AM и BM шатунного треугольника AMB определяются как гипотенузы прямоугольных треугольников AMN и BMN:

$$AM=\sqrt{m^2+n^2};\quad BM=\sqrt{(l-m)^2+n^2}. \tag{8}$$

Длина прямолинейного участка определяется по формуле:

$$L=\sqrt{[\cos\varphi_1-\cos\varphi_4+m(\cos\alpha_1-\cos\alpha_4)-n(\sin\alpha_1-\sin\alpha_4)]^2+[\sin\varphi_1-\sin\varphi_4+m(\sin\alpha_1-\sin\alpha_4)+n(\cos\alpha_1-\cos\alpha_4)]^2}. \tag{9}$$

Отклонение траектории чертящей точки M от прямолинейности в любом положении механизма определится как расстояние точки M от прямой (3):

$$\Delta=\frac{k(\cos\varphi_i+m\cos\alpha_i-n\sin\alpha_i)-\sin\varphi_i-m\sin\alpha_i-n\cos\alpha_i-b}{\sqrt{1+k^2}}.$$

Качество воспроизводимой приближенной прямой будем характеризовать величиной

$$\Delta_{отн}=\frac{\Delta}{L}. \tag{11}$$

Шарнир B_0 можно и не расположить на оси A_0x. Это обстоятельство учитывается при вычислении угла между шатуном AB и осью A_0x:

$\alpha_i=\gamma_i+\Theta$, где $\Theta=\operatorname{arctg}\dfrac{y_B}{x_B}$.

Для иллюстрации предлагаемого аналитического метода отыскания на шатунной плоскости четырехшарнирного механизма точки, находящейся в четырех наперед заданных положениях на прямой, решим числовой пример.

Для четырехзвенного механизма [3] с параметрами $AB=l=1{,}65$; $BB_0=r=1{,}283$; $A_0B_0=d=2{,}16417$; $x_B=2{,}0656$; $y_B=0{,}6457$ при заданных углах поворота ($\varphi_1=143°25'$, $\varphi_2=112°07'$, $\varphi_3=90°$, $\varphi_4=54°25'$) определить параметры m, n, k, b.

Имея параметры схемы механизма, определение углов α_i, соответствующих φ_i, не представляет трудности: $\alpha_1=11°33'$, $\alpha_2=22°05'$, $\alpha_3=28°01'$, $\alpha_4=41°25'$.

По выражениям (6) и (7) определяются коэффициенты P_0, P_1, P_2, P_3 и параметры m, n, k, b:

$$P_0 = -3{,}926506; \qquad P_1 = -7{,}434885; \qquad P_2 = -0{,}082940;$$

$$P_3 = 7{,}407990; \qquad m = -3{,}287575; \qquad n = -7{,}707529;$$

$$k = 0{,}082940; \qquad b = -7{,}407990.$$

Координаты узловых точек (точки пересечения шатунной кривой с прямой приближения) вычисляем по формулам (1) и (2):

$$x_1 = -2{,}4809; \qquad x_2 = -0{,}5263; \qquad x_3 = 0{,}7180; \qquad x_4 = 3{,}2150;$$

$$y_1 = 7{,}6136; \qquad y_2 = -7{,}4516; \qquad y_3 = -7{,}3485; \qquad y_4 = -7{,}1415.$$

Стороны шатунного треугольника ABM вычисляем по формуле (8):

$$AM = 8{,}379594; \qquad BM = 9{,}153638.$$

Длина прямоугольного участка определится по формуле (9)

$$L = 5{,}778.$$

Максимальные отклонения, вычисляемые по формулам (10) и (11), траектории чертящей точки M от прямой (3), получаются:

$$\Delta_1 = +0{,}0029; \qquad \Delta_{1отн} = 0{,}0005 \quad (\text{при } x = -1{,}0619; \quad y = -7{,}4896);$$

$$\Delta_2 = -0{,}0040; \qquad \Delta_{2отн} = 0{,}0007 \quad (\text{при } x = 0{,}3137, \quad y = -7{,}3779);$$

$$\Delta_3 = +0{,}0045; \qquad \Delta_{3отн} = 0{,}0008 \quad (\text{при } x = 1{,}6985; \quad y = -7{,}2728).$$

Схема полученного механизма изображена на рис. 2.

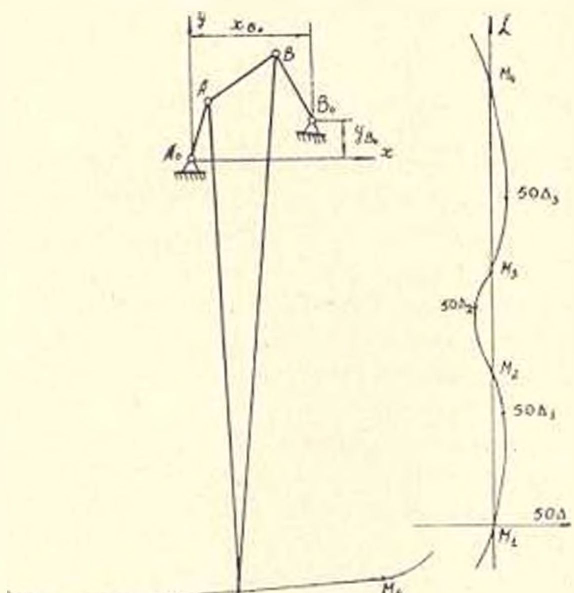

Рис. 2

ЕрГУ

Поступило 19.IV.1973.

Կ. Խ. ՇԱՀԲԱԶՅԱՆ, Գ. Ա. ՋԱՎԱՅԳԱՆՅԱՆ

ՄՈՏԱՎՈՐ ՈՒՂՂԱԳԻԾ — ՈՒՂՂՈՐԴ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶՄԱՆ ՄԻ ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՄԵԹՈԴԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Հոդվածում տրված է քառօղակ հոդակապային մեխանիզմի շարժաթևերին պատկանող և մոտավոր ուղիղ գիծ գծող կետի դիրքի որոնման անալիտիկ մեթոդ, երբ նախապես հայտնի են մեխանիզմի հիմնական չափերն ու չորս դիրքերը։ Լուծված է մասնավոր օրինակ։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артоболевский И. И., Левитский Н. И., Черкудинов С. А.* Синтез плоских механизмов. Физматгиз, М., 1959.
2. *Иванов К. С.* Метод метрического синтеза направляющих механизмов на основе обращения движения. Диссертация, Алма-Ата, 1970
3. *Таирян В. М.* Синтез рычажных механизмов по положениям шатунной плоскости и критерием качества передачи сил. Диссертация. Ереван, 1970.