ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

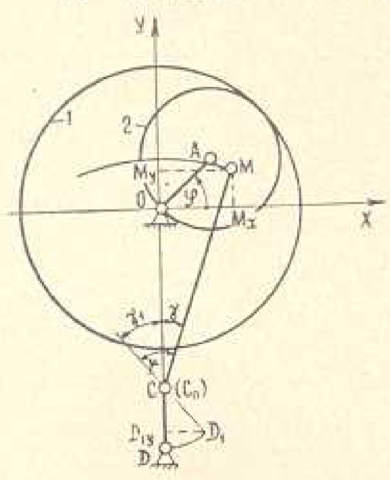
Մեխանիկա XXIII, № 3, 1970 Механика

Р. В. АМБАРЦУМЯНЦ

СИНТЕЗ ПЯТИЗВЕННОГО ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ОСТАНОВКОЙ ВЕДОМОГО КРИВОШИПА

В статье рассматривается синтез пятизвенного зубчато-рычажного механизма, образованного присоединением трехшарнирной двухповодковой группы MCD (фиг. 1) к сателлиту 2 и к стойке 1 трехзвенного планетарного механизма. Примем длину водила $OA = 1$ и введем следующие обозначения:

λ — расстояние точки M сателлита 2 от шарнирной точки A,
l — длина шатуна MC,
f — длина ведомого звена CD,
r_2 — радиус начальной окружности сателлита 2,
r_1 — радиус начальной окружности неподвижного зубчатого колеса 1.



Фиг. 1.

Отнесем механизм к прямоугольной декартовой системе координат с началом, совпадающим с центром вращения водила OA и с осью OX, совпадающей с положением водила, когда оно и отрезок AM втягиваются в прямую линию.

Известно, что при $r_2 = OA$ и $r_1 = 2r_2$ любая точка сателлита, не лежащая на окружности радиуса r_2, описывает эллипс. Следовательно, уравнение траектории точки M в выбранной системе координат выражается в форме

$$\frac{x^2}{(1+\lambda)^2} + \frac{y^2}{(1-\lambda)^2} = 1 \tag{1}$$

где x, y — текущие координаты точки M.

Ведомое звено механизма будет совершать периодические остановки на заданном угле поворота ведущего кривошипа (называемого углом выстоя), если ей соответствует участок траектории точки M, близкий к дуге окружности [1]. Примем, что центр такой окружности находится на оси OY и определим ее радиус и координаты центра методом наилучшего приближения, обеспечивающего получение минимального по модулю отклонения от заданной функции [1].

Обозначим:

r — радиус приближаемой окружности,

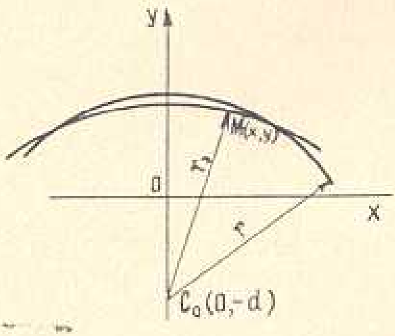
$r_э$ — расстояние от произвольной точки эллипса M до центра окружности радиуса r,

d — расстояние от центра C_0 приближаемой окружности до начала координат.

$\nabla = r_э - r$ — величина, характеризующая отклонение точек эллипса от соответствующих точек приближаемой окружности.

Из фиг. 2 следует, что

$$r_э = \sqrt{(y+d)^2 + x^2} \tag{2}$$



Фиг. 2.

Взвешенная разность, равная [1] $\Delta_q = r_э^2 - r^2$, учитывая (1) и (2), имеет вид

$$\Delta_q = k\left(y^2 + \frac{2dy}{k} + \frac{d^2 + (1+\lambda)^2 - r^2}{k}\right) \tag{3}$$

где

$$k = -\frac{4\lambda}{(1-\lambda)^2} \tag{4}$$

Чтобы получить наилучшее приближение дуги эллипса к дуге окружности, коэффициенты полученного многочлена (3) должны быть коэффициентами многочлена Чебышева второй степени [2].

Отсюда следует, что

$$\frac{2d}{k} = 1 - \lambda + y_1 \tag{5}$$

$$\frac{d^2 + (1+\lambda)^2 - r^2}{k} = \frac{(1-\lambda)^2 + 6(1-\lambda)y_1 + y_1^2}{8} \tag{6}$$

где y_1 — ордината шатунной точки M, соответствующей началу (или концу) приближения.

Из выражения (5) и (6) соответственно находим

$$d = \frac{1 - \lambda + y_1}{2} k \tag{7}$$

$$r = \sqrt{(1+\lambda)^2 + d^2 - \frac{k}{8}[(1-\lambda)^2 + 6(1-\lambda) y_1 + y_1^2} \tag{8}$$

Тогда, если принять длину шатуна MC равной радиусу r приближаемой окружности, а центр вращения ведомого звена выбрать так, чтобы траектория подвижной шарнирной точки C проходила через центр этой окружности C_0, то при движении точки M по приближаемому участку эллипса ведомое звено CD будет оставаться неподвижным на угле поворота водила OA, равном Φ. Поскольку дуга эллипса, приближаемая к дуге окружности, симметрична относительно оси OY, то, как следует из чертежа (см. фиг. 1),

$$\varphi_1 = \frac{\pi - \Phi}{2} \tag{9}$$

где φ_1 — угол поворота ведущего кривошипа, соответствующий началу (или концу) выстоя.

Обозначим проекции точки M на координатные оси YOX через M_x и M_y. Проектируя контур $OAMM_x$ (см. фиг. 1) на ось OY, принимая, что $\varphi = \varphi_1$, получаем

$$\sin\varphi_1 = \frac{y_1}{1-\lambda} \tag{10}$$

Формулы (7) и (8) с учетом выражений (10) и (4) принимают вид

$$d = -\frac{2\lambda(1 + \sin\varphi_1)}{1-\lambda} \tag{11}$$

$$r = \frac{\sqrt{(1-\lambda^2)^2 + 4\lambda^2(1+\sin\varphi_1)^2 + 0.5\lambda(1-\lambda)^2[(1+\sin\varphi_1)^2 + 4\sin\varphi_1]}}{1-\lambda} \tag{12}$$

Длину ведомого звена f определим, исходя из того, должно ли оно совершать полный оборот или качание на определенный угол. В частности, когда центр вращения ведомого звена D находится на оси OY, ведомое звено будет кривошипом, если

$$f = 1 - \lambda$$

Это следует из рассмотрения двух крайних положений двухповодковой группы MCD, когда осевые линии обоих звеньев образуют прямые линии.

В механизмах с периодической остановкой ведомых звеньев необходимо стремиться к тому, чтобы в момент трогания значение угла передачи μ не выходило за допускаемые пределы.

Обозначим (см. фиг. 1) γ — угол, образованный шатуном MC с осью OY в начале выстоя. Учитывая, что центр вращения ведомого звена может находиться по обе стороны от оси OY, т. е. γ_1 может быть как отрицательным, так и положительным, получим

$$\mu = \gamma \pm \gamma_1 \tag{13}$$

Из $\Delta C_0 D_1 D_{1y}$ и $\Delta C_0 M M_y$ следует, что

$$\operatorname{tg}\gamma_1 = \frac{x_{D1}}{y_{D1} - d} \tag{14}$$

где x_{D1}, y_{D1} — координаты точки D_1, а

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{(1+\lambda)\cos\varphi_1}{(1-\lambda)\sin\varphi_1 + d} \tag{15}$$

Подставляя значения γ и γ_1 в (13), получим

$$\mu = \operatorname{arctg}\frac{(1+\lambda)\cos\varphi_1}{(1-\lambda)\sin\varphi_1 + d} \pm \operatorname{arctg}\frac{x_{D1}}{y_{D1} - d} \tag{16}$$

Так как положение центра вращения ведомого звена при неизменяемой длине звена CD не влияет на величину угла выстоя, то соответствующим изменением угла γ_1 можно достичь желаемых значений угла передачи μ.

Во всех вышеуказанных формулах принято, что величина λ известна. Покажем теперь, что эта величина может быть определена по заданным значениям угла выстоя Φ и угла передачи μ в момент „трогания" ведомого звена.

Из уравнения (15) с учетом (11), после несложных преобразований, получим

$$\lambda^2\cos(\varphi_1 - \gamma) + 2\lambda\sin\gamma + \cos(\varphi_1 + \gamma) = 0$$

Откуда

$$\lambda_{12} = \frac{-\sqrt{2}\sin\gamma \pm \sqrt{4\sin^2\gamma - 2\cos^2\varphi_1}}{\sqrt{2}\cos(\varphi_1 - \gamma)} \tag{17}$$

Из условия существования действительных корней выражения (17) находим, что

$$\sin\gamma \geqslant \frac{1}{\sqrt{2}}\cos\varphi_1 \tag{18}$$

Поэтому, задаемся величиной γ, удовлетворяющей неравенству (18), после чего из выражения (17) определяется значение λ, а значение угла γ_1 определяется из равенства (13).

Поскольку на участке приближения траектория шатунной точки M совпадает с дугой окружности приближенно, то в период выстоя ведомый кривошип будет иметь малые отклонения $\Delta\psi$, величины которых определяются по методу, изложенному в работе [3].

Приведем числовой пример.

Определить размеры звеньев шестизвенного механизма при $\Phi = 100^0$, $\mu = 60^0$ и среднее отклонение $\Delta\psi_{ср}$ ведомого звена в период выстоя. Задаемся величиной $\gamma = 35^\circ$, исходя из неравенства (18).

По вышеприведенным формулам находим

$$\lambda = 0.2085, \quad d = 0.8506, \quad r = 1.6460, \quad f = 0.7919, \quad l = 1.6460$$

Среднее отклонение ведомого звена в период выстоя $\Delta\psi_{ср} = \pm 10'20''$.

Одесский технологический институт
им. М. В. Ломоносова

Поступила 21 VII 1969

Ռ. Վ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆՑ

ՏԱՐՎՈՂ ՇՈՒՌՏՎԻԿԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ԿԱՆԳԱՌՈՎ ՀՆԳՕՂԱԿ ԱՏԱՄՆԱԼԾԱԿԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՍԻՆԹԵԶԸ

Ամփոփում

Հոդվածում դիտարկվում է տարվող շուռտվիկի պարբերական կանգառով հնգօղակ ատամնա-լծակային մեխանիզմի սինթեզը: Մեխանիզմը կազմված է եռհոդակապ երկկարգ խմբի միացմամբ եռօղակ պլանետար մեխանիզմի հիմքին և սատելիտին: Մեխանիզմի անհայտ պարամետրերը որոշվում են սատելիտային կորի մի մասի լավագույն մոտեցումով շրջանագծային աղեղին, որն ապահովում է տարվող օղակի կանգառի բավականին բարձր ճշտությունը:

SYNTHESIS OF A GEARY FIVE-BAR LINKAGE WITH AN INTERMITTENT MOTION OF A DRIVEN CRANK

R. V. AMBARTSUMIANTS

Summary

A synthesis of a geary five-bar linkage with intermitten motion of a driven crank is discussed. The mechanism is made up by joining a two-link three-hinge unit to a satellite and to a fixed link of the three-bar planetary mechanism. Parameters of this mechanism are determined by the method of best approximation of a section of the satellite curve to the circumference arc which secures a rather high precision of dwell of the driven crank.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артоболевский И. И., Левитский Н. И., Черкудинов С. А.* Синтез плоских механизмов. Физматгиз, М., 1959.
2. *Левитский Н. И.* Синтез механизмов по Чебышеву. Изд. АН СССР, 1946.
3. *Зиновьев В. А.* Курс теории механизмов и машин. Физматгиз, М., 1960.