

$$(E_1) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{13z}^0 \\ 0 & 0 & e_{14x}^0 & e_{14y}^0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{15z}^0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & e_{16z}^0 \end{pmatrix}; (E_2) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{13z}^0 \\ 0 & 0 & e_{14x}^0 & e_{14y}^0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{15z}^0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & e_{16z}^0 \end{pmatrix}; (E_3) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e_{14x}^0 & e_{14y}^0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{15z}^0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & e_{16z}^0 \end{pmatrix};$$

$$(E_4) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{13z}^0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{15z}^0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & e_{16z}^0 \end{pmatrix}; (E_5) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{13z}^0 \\ 0 & 0 & e_{14x}^0 & e_{14y}^0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & e_{15z}^0 \end{pmatrix}.$$

Анализ этих матриц с точки зрения возможности внутренней подвижности в данной цепи показывает, что частичная цепь, включающая четыре кинематические пары (за исключением поступательного привода), имеет подвижность.

Рассматриваем матрицу (E_2) , пытаясь выразить последнюю строку через четыре первых строки. Задача сводится к решению системы линейных уравнений относительно скалярных множителей. Очевидно, что множитель при третьей строке этой матрицы должен быть равен нулю. Тогда получаем систему трех уравнений относительно трех неизвестных:

$$\begin{aligned} a \cdot 1 + 0 + 0 + 0 &= 1, \\ 0 + b \cdot (-1) + 0 + c \cdot (-1) &= 0, \\ 0 + b \cdot e_{13z}^0 + 0 + c \cdot e_{15z}^0 &= e_{16z}^0, \end{aligned}$$

где a , b и c - коэффициенты, характеризующие скорости в соответствующих кинематических парах.

Решив данную систему уравнений, получаем: $a = 1$, $b = -c$, $\dot{n} = e_{16z}^0 / (e_{15z}^0 - e_{13z}^0)$.

Таким образом, в данной цепи имеется внутренняя подвижность, что свидетельствует о возможности передачи вращения с вращательного привода на вращательную кинематическую пару, сопряженную с выходным звеном, и подтверждает работоспособность механизма.

Список использованных источников

1. Диментберг, Ф. М. Теория винтов и ее приложения - М: Наука, 1978. - 328 с.
2. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры / В.А. Глазунов, А.Ш. Колискор, А.Ф. Крайнев - М: Наука, 1991. - 95 с.

УДК 621.837.7

МЕХАНИЗМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С КВАЗИОСТАНОВКАМИ

Корнеев Д.В., асс., Федосеев Г.Н., доц., Семин А.Г., доц.,
УО «Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь

В машинах текстильной и легкой промышленности имеются технологические процессы, в которых исполнительный орган делает остановку определенной продолжительности. Практика показывает, что ввиду большой податливости обрабатываемых материалов эта остановка может быть приближенной (квазиостановка), т.е. рабочий орган в это время имеет некоторое перемещение, которое не влияет на качество выполнения процесса.

Для получения такого движения предлагается зубчато-рычажный механизм, изображенный на рисунке 1. Вокруг неподвижного зубчатого колеса 1 вращается сателлит 2 с помощью водила 3. С сателлитом жестко связан палец 4, на котором шарнирно установлен камень 5 с проходящей внутри него кулисой 6. При равномерном вращении водила кулиса совершает вращательное движение с остановками. Траекторией оси качения является удлинённая эллипсоида, имеющая петлю. При движении камня по петле кулисы имеет приближающуюся остановку. Чем дальше отстоит камень от оси сателлита, тем более продолжительна остановка, однако при этом ухудшается точность остановки.

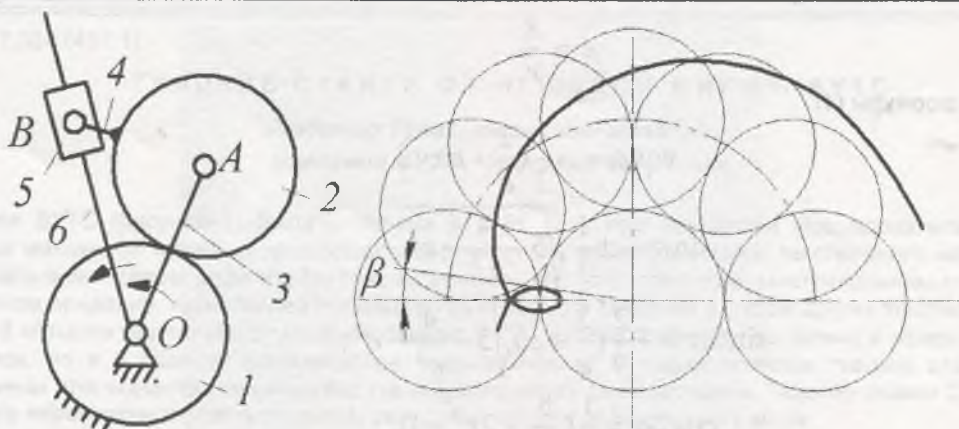


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма с квазиостановками и траектория движения ведомого шарнира

Дадим оценку работы механизма с точки зрения перемещения кулисы во время квазиостановки. Для этого найдем угол β , на который отклоняется кулиса при движении камня по петле.

Траектория точки B описывается уравнениями

$$\begin{aligned} x &= 2r \cos \alpha + R \cos 2\alpha, \\ y &= 2r \sin \alpha + R \sin 2\alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где α – угол поворота водила OA , r – радиусы неподвижного колеса и сателлита, радиус $AB = R$. Уравнение касательной к траектории (1), исходящей из начала координат O ,

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y}{x}. \quad (2)$$

Дифференциалы функций (1), входящих в уравнение (2),

$$\begin{aligned} dy &= (2r \cos \alpha + 2R \cos 2\alpha) d\alpha, \\ dx &= -(2r \sin \alpha + 2R \sin 2\alpha) d\alpha. \end{aligned} \quad (3)$$

Используем дифференциалы (3) и функции (1) в уравнении (2):

$$\begin{aligned} \frac{r \cos \alpha + R \cos 2\alpha}{r \sin \alpha + R \sin 2\alpha} &= \frac{r \sin \alpha + 0,5R \sin 2\alpha}{r \cos \alpha + 0,5R \cos 2\alpha}, \\ -(r^2 \cos^2 \alpha + 1,5Rr \cos \alpha \cos 2\alpha + 0,5R^2 \cos^2 2\alpha) &= \\ = r^2 \sin^2 \alpha + 1,5Rr \sin \alpha \sin 2\alpha + 0,5R^2 \sin^2 2\alpha, \\ (r^2 + 0,5R^2) + 1,5Rr(\cos 2\alpha \cos \alpha + \sin 2\alpha \sin \alpha) &= 0, \end{aligned}$$

наконец, получаем уравнение относительно $\cos \alpha$

$$(r^2 + 0,5R^2) + 1,5Rr \cos \alpha = 0,$$

его решение

$$\cos \alpha = -\frac{r^2 + 0,5R^2}{1,5Rr} = -\frac{1}{3} \left(2\frac{r}{R} + \frac{R}{r} \right),$$

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{5 - 4\frac{r^2}{R^2} - \frac{R^2}{r^2}}, \quad (4)$$

$$\sin 2\alpha = \mp \frac{2}{9} \left(2\frac{r}{R} + \frac{R}{r} \right) \sqrt{5 - 4\frac{r^2}{R^2} - \frac{R^2}{r^2}},$$

$$\cos 2\alpha = \frac{1}{9} \left(8\frac{r^2}{R^2} + 2\frac{R^2}{r^2} - 1 \right).$$

Введя обозначение

$$\varepsilon = \frac{R}{r}, \quad (5)$$

перепишем формулы (4):

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= -\frac{1}{3} \left(\frac{2}{\varepsilon} + \varepsilon \right), \\ \sin \alpha &= \pm \frac{1}{3} \sqrt{5 - \frac{4}{\varepsilon^2} - \varepsilon^2}, \\ \sin 2\alpha &= \mp \frac{2}{9} \left(\frac{2}{\varepsilon} + \varepsilon \right) \sqrt{5 - \frac{4}{\varepsilon^2} - \varepsilon^2}, \\ \cos 2\alpha &= \frac{1}{9} \left(\frac{8}{\varepsilon^2} + 2\varepsilon^2 - 1 \right). \end{aligned}$$

Используем их в уравнениях (1):

$$\begin{aligned} x &= -\frac{1}{9} r \varepsilon \left(\frac{4}{\varepsilon^2} + 7 - 2\varepsilon^2 \right), \\ y &= \mp \frac{2}{9} r \varepsilon (\varepsilon^2 - 1) \sqrt{5 - \frac{4}{\varepsilon^2} - \varepsilon^2}. \end{aligned}$$

Угловой коэффициент касательных к петле траектории, исходящих из начала координат,

$$\operatorname{tg} \beta = 2 \frac{(\varepsilon^2 - 1) \sqrt{5 - \frac{4}{\varepsilon^2} - \varepsilon^2}}{\varepsilon \left(7 + \frac{4}{\varepsilon^2} - 2\varepsilon^2 \right)}.$$

При $\varepsilon = 1,2$ $\alpha = 162,85^\circ$, $x = -0,91970$, $y = \mp 0,08648$, $\operatorname{tg} \beta = \pm 0,09403$, $\beta = 5,37^\circ$.

Угол поворота водила по мере перемещения вдоль траектории от начала до точки самопересечения находится из уравнения – см. формулы (1, 5) –

$$y = r(2 \sin \alpha + \varepsilon \sin 2\alpha) = r(2 \sin \alpha + \varepsilon 2 \sin \alpha \cos \alpha) = 2r \sin \alpha (1 + \varepsilon \cos \alpha) = 0$$

$$\cos \alpha_1 = -\frac{1}{\varepsilon} = -\frac{1}{1,2} = -0,83333, \quad \alpha_1 = 146,44^\circ.$$

Угол поворота водила по мере перемещения от начала до точки касания петли траектории с прямой, исходящей из начала координат,

$$\alpha_2 = 162,85^\circ.$$

Угол поворота водила по мере перемещения от точки самопересечения до точки касания

$$\gamma_1 = 162,85^\circ - 146,44^\circ = 16,41^\circ,$$

Угол поворота по мере перемещения от точки касания до точки поворота

$$\gamma_2 = 180^\circ - 162,85^\circ = 17,15^\circ.$$

Угол, отвечающий прохождению полупетли,

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 = 16,41^\circ + 17,15^\circ = 33,56^\circ,$$

соответственно для полной петли – $67,12^\circ$.

Таким образом, небольшая величина угла β , а она составляет менее 2% от полного угла поворота кулисы за один цикл, позволяет применять механизм для привода рабочих органов машин, связанных с обработкой податливых материалов (ткани, трикотажа, кожи). Длительность остановки для предложенного случая, характеризуемая углом поворота водила по мере прохождения всей петли, составляет 18,6% от цикла, что является показателем возможности использования такого механизма в случае необходимости продолжительных остановок рабочих органов.