

прорубание петли происходило при максимальном ходе штока. В электромагните механизма ножа использовать немагнитный шток.

#### SUMMARY

The loopy semi-automatic device with MPC, appropriate to technological parameters of the modern equipment. Experimental researches of electromagnet of direct current in-use in the drive of mechanism of knife of the loopy semi-automatic device are conducted. Recommendations are given on the type selection electromagnet and regulation of mechanism of knife. Results of work are used by development and introduction in manufacture of a loopy semi-automatic device with MPC.

УДК 621.837.7

### ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОШИПНО-КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА С ДЕЗАКСИАЛЬНОЙ КУЛИСОЙ

**А.Г. Семин, В.В. Сяборов, Е.В. Пароминский**

В технике встречаются механизмы, преобразующие равномерное вращательное движение в неравномерное. Это необходимо по следующим причинам:

- для уменьшения отрицательного воздействия большой скорости на технологический процесс (например, при обработке металлов резанием);
- для уменьшения времени рабочего цикла механизма, имеющего небольшую нагрузку с тем, чтобы облегчить работу других более нагруженных механизмов.

Одним из механизмов, обеспечивающих неравномерное вращение, является кулисный механизм с вращающейся кулисой. В работе [1] дан кинематический анализ двухкривошипного шарнирного четырехзвенника, выходной кривошип которого совершает вращательное движение с переменной скоростью. Выявлено влияние длин звеньев механизма на кинематику его движения. В том случае, когда требуется получить более высокий коэффициент неравномерности, чем его имеет двухкривошипный четырехзвенник, можно применять кулисный механизм. Как известно, в этом механизме коэффициент неравномерности вращения зависит от длины стойки. Чем короче стойка, тем меньше коэффициент неравномерности. Для получения вращательного движения кулисы длина стойки должна быть меньше длины кривошипа.

Одной из разновидностей кулисного механизма является кривошипно-кулисный механизм с дезаксиальной кулисой. У этого механизма направление кулисы не совпадает с ее осью вращения. Такого вида механизм применяется в гребнечесальной машине фирмы «Хартфорд». Рассмотрим кинематику такого механизма, исследовав его аналитическим методом.

Введем следующие обозначения:  $r$  - длина кривошипа,  $a$  - длина стойки,  $e$  - дезаксиал кулисы,  $l$  - переменная длина кулисы,  $\alpha$  - угол поворота кривошипа,  $\varphi$  - угол поворота кулисы.

Представим механизм в виде замкнутого векторного контура (рис. 1) и запишем векторное уравнение [1]:

$$\vec{r} + \vec{a} = \vec{e} + \vec{l}. \quad (1)$$

Спроектировав это уравнение на оси координат, получим:

$$\begin{aligned} r \cos \alpha &= e \cos \varphi + l \cos(\varphi + 90^\circ), \\ a + r \sin \alpha &= e \sin \varphi + l \sin(\varphi + 90^\circ). \end{aligned} \quad (2)$$

Запишем эти уравнения в другом виде:

$$\begin{aligned} r \cos \alpha &= e \cos \varphi - l \sin \varphi, \\ a + r \sin \alpha &= e \sin \varphi + l \cos \varphi. \end{aligned} \quad (3)$$

Выразив из первого уравнения значение  $\sin \varphi$  и подставив его во второе, будем иметь:

$$\varphi = \arccos \frac{r \sin \alpha + \frac{re}{l} \cos \alpha + a}{\frac{e^2}{l} + l} \quad (4)$$

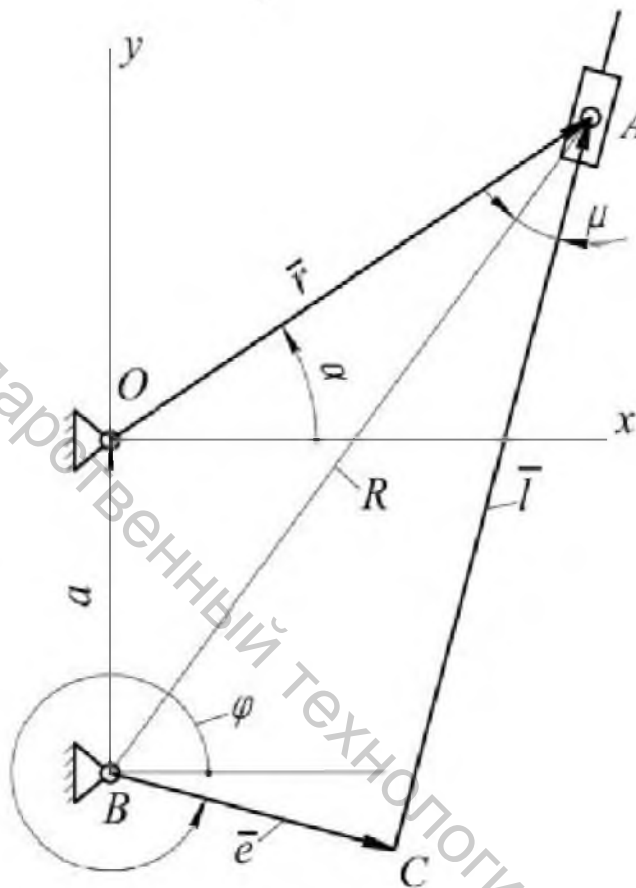


Рисунок 1

Из треугольника OAB (рис. 1) получаем радиус вращения точки A' на кулисе относительно оси B:

$$R = \sqrt{r^2 + a^2 - 2ra \cos(\alpha + 90^\circ)} = \sqrt{r^2 + a^2 + 2ra \sin \alpha} \quad (5)$$

Величину  $l$  найдем из треугольника BAC:

$$l = \sqrt{R^2 - e^2} = \sqrt{r^2 + a^2 + 2ra \sin \alpha - e^2} \quad (6)$$

Так как  $\alpha = \omega_0 t$ , а  $\varphi = \omega t$ , где  $\omega_0$  и  $\omega$  - угловые скорости кривошипа и кулисы, то после дифференцирования уравнений (3), получим:

$$\begin{aligned} \omega_0 r \sin \alpha &= \omega e \sin \varphi + v \sin \varphi + \omega l \cos \varphi, \\ \omega_0 r \cos \alpha &= \omega e \cos \varphi + v \cos \varphi - \omega l \sin \varphi. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь  $v = \frac{dl}{dt}$  скорость скольжения камня по кулисе.

Повернем оси координат на угол  $\varphi$  в сторону, обратную отсчету угла  $\varphi$ , и получим следующие выражения:

$$\begin{aligned}\omega_0 r \sin(\alpha - \varphi) &= \omega e \sin(\varphi - \varphi) + v \sin(\varphi - \varphi) + \omega l \cos(\varphi - \varphi), \\ \omega_0 r \cos(\alpha - \varphi) &= \omega e \cos(\varphi - \varphi) + v \cos(\varphi - \varphi) - \omega l \sin(\varphi - \varphi).\end{aligned}\quad (8)$$

Или

$$\begin{aligned}\omega_0 r \sin(\alpha - \varphi) &= \omega l, \\ \omega_0 r \cos(\alpha - \varphi) &= \omega e + v.\end{aligned}\quad (9)$$

Из этих уравнений находим  $\omega$  и  $v$ :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{\omega_0 r \sin(\alpha - \varphi)}{l}, \\ v &= \omega_0 r \cos(\alpha - \varphi) - \omega e.\end{aligned}\quad (10)$$

Продифференцируем первое уравнение выражения (7):

$$\omega_0^2 r \cos \alpha = \omega^2 e \cos \varphi + a^r \sin \varphi + \omega v \cos \varphi + e l \cos \varphi + \omega v \cos \varphi - \omega^2 l \sin \varphi,$$

где  $a^r = \frac{dv}{dt}$  - относительное ускорение при скольжении камня по кулисе.

После поворота осей  $x$  и  $y$  на угол  $\varphi$  имеем:

$$\omega_0^2 r \cos(\alpha - \varphi) = \omega^2 e + 2\omega v + e l.$$

Отсюда находим угловое ускорение кулисы:

$$\varepsilon = \frac{\omega_0^2 r \cos(\alpha - \varphi) - \omega^2 l - 2\omega v}{l},\quad (11)$$

где  $\omega^2 l$  - нормальное ускорение точки С,  $2\omega v$  - ускорение Кориолиса.

На рис. 2 и 3 представлены кривые изменения угловой скорости и углового ускорения кулисы, подсчитанные по формулам (10) и (11) при следующих относительных параметрах механизма:  $\omega_1 = 1$ ;  $r = 1$ ;  $a = 0,5$ ;  $e = 0,25$ . Анализ кривых показывает, что угловая скорость кулисы при  $\alpha = 0 \div 180^\circ$  изменяется незначительно и в первом приближении движение кулисы можно считать равномерным, что иногда требует технологический процесс обработки материалов. Найдем коэффициент неравномерности вращения кулисы для данного случая.

Из рис. 2 видно, что максимальное значение угловой скорости кулисы равно 1,95, а минимальное – 0,65. Коэффициент неравномерности определяется по формуле:

$$k = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ср}}} = \frac{1,95 - 0,65}{1,3} = 1.\quad (12)$$

С уменьшением длины стойки и увеличением дезаксиала коэффициент неравномерности возрастает.

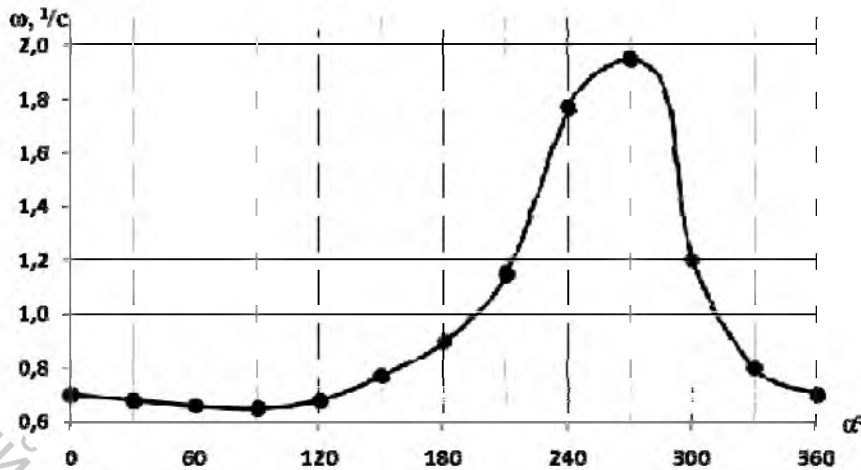


Рисунок 2

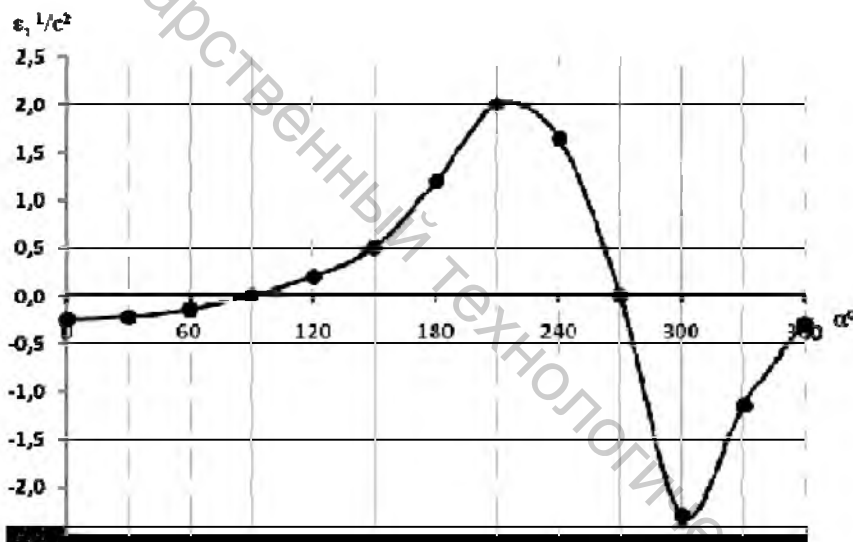


Рисунок 3

Запишем формулу (12) в другом виде, подставив в  $k$  значение  $\omega_{ср} = \frac{\omega_{макс} + \omega_{мин}}{2}$

$$k = \frac{2(\omega_{макс} - \omega_{мин})}{\omega_{макс} + \omega_{мин}} \quad (13)$$

Из этой формулы следует, что при  $\omega_{мин} = 0$   $k = 2$ , а при  $\omega_{макс} = \omega_{мин}$   $k = 0$ . Это говорит о том, что у механизмов с остановками выходного звена  $k = 2$ .

Таким образом, найдены все угловые характеристики кулисы:  $\omega$  и  $\varepsilon$ .

Так как в механизме большую роль играет угол давления, то найдем экстремальные значения этого угла для механизма, имеющего следующие параметры:  $r = 1$ ;  $a = 0,5$ ;  $e = 0,25$ . Угол давления  $\mu$  - это угол между направлением кулисы и радиусом точки кулисы, совпадающей с камнем. Из треугольника  $ABC$  его величина равна:

$$\mu = \arcsin \frac{e}{R}. \quad (14)$$

Следовательно

$$\mu_{\max} = \arcsin \frac{e}{R_{\min}} \text{ и } \mu_{\min} = \arcsin \frac{e}{R_{\max}}. \quad (15)$$

Найдем производную от выражения (5) и приравняем ее нулю:

$$(\sqrt{a^2 + r^2 + 2ar \sin \alpha})' = \frac{ar \cos \alpha}{\sqrt{a^2 + r^2 + 2ar \sin \alpha}} = 0.$$

Отсюда  $\cos \alpha = 0$ ,  $\alpha_1 = 90^\circ$ ,  $\alpha_2 = 270^\circ$ .

Находим значения  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$ .  $R_{\max} = \sqrt{a^2 + r^2 + 2ar} = 1,5$ ;  
 $R_{\min} = \sqrt{a^2 + r^2 - 2ar} = 0,5$ . Получаем экстремальные значения угла  $\mu$ :

$$\mu_{\max} = \arcsin \frac{0,25}{0,5} = 30^\circ, \quad \mu_{\min} = \arcsin \frac{0,25}{1,5} = 9^\circ 36'.$$

Если принять максимально допустимое значение угла давления, равное  $30^\circ$ , то данный механизм будет работать в относительно легких динамических условиях. Очевидно, что с увеличением дезаксиала этот угол также будет возрастать и механизм, у которого  $e > 0,25r$  и  $a = 0,5r$ , использовать нецелесообразно.

#### ВЫВОДЫ

1. Анализ замкнутых векторных контуров позволил провести кинематический анализ кривошипно-кулисного механизма с вращающейся дезаксиальной кулисой.
2. Анализ результатов исследований показал, что в течение определенного времени вращающаяся кулиса имеет движение, близкое к равномерному.
3. Найдено влияние длины стойки и дезаксиала на коэффициент неравномерности и угол передачи.

#### Список использованных источников

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин : Учебн. для вузов / И. И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1988. – 640 с.

#### SUMMARY

In work was researched the kinematics of coulisse mechanism with desaxial coulisse. Were obtained dependences of angular moving, speed and acceleration of coulisse on a corner of turn of a crank. Was established the influence of desaxial on kinematic characteristics.

УДК 677.0.24.072

### СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА С ПОВЕРХНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НАСТЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*И.Н. Калиновская*

На кафедре «Прядение натуральных и химических волокон» УО «ВГТУ» разработана технология получения текстильных настенных покрытий, состоящих из текстильного полотна и полотна основы. [1]

При производстве текстильных настенных покрытий в результате трения текстильного полотна и полотна основы о поверхность линии по производству