

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Р. П. ДЖАВАХЯН

ОБ ОДНОМ СЕМЕЙСТВЕ ЧЕТЫРЕХШАРНИРНЫХ  
 МЕХАНИЗМОВ

Для расширения возможностей и улучшения отдельных кинематических, силовых и динамических характеристик механизмов часто их ведущие звенья приводят в неравномерное вращение с помощью двухкривошипных механизмов [1—4]. В этом случае синтез двухкривошипного механизма ведется по условиям обеспечения отдельных кинематических характеристик ведомого кривошипа (чаще всего экстремальных значений передаточного отношения, коэффициента неравномерности вращения и т. д.), обусловленных требуемым движением ведомого звена механизма, к которому присоединяется двухкривошипный четырехзвенник. Для упрощения синтеза обычно вместо двухкривошипных механизмов общего вида рассматриваются отдельные его частные случаи [4—6].

В данной работе определяются экстремальные значения аналога  $\mu$  коэффициента угловой скорости ведомых кривошипов двухкривошипных механизмов с подвижными звеньями одинаковой длины.

Из рис. 1 для произвольного положения двухкривошипного механизма имеем

$$\psi = 180^\circ + \theta - \varphi, \quad (1)$$

а из  $\triangle OAC$ ,  $\triangle EAC$  и  $\triangle MBC$ , соответственно, находим

$$m = \sqrt{1 + r^2 + 2r \cos \varphi}, \quad (2)$$

$$\sin \theta = \frac{r \cdot \sin \varphi}{m}, \quad \cos \mu = \frac{m}{2r}, \quad (3)$$

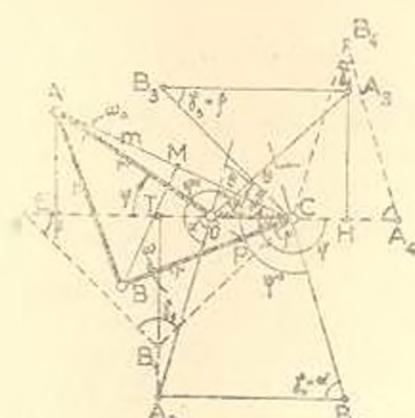


Рис. 1.

где  $r = OA = AB = BC$  — длина подвижных звеньев механизма, отнесенная к длине стойки  $OC$ ;  $m$  — относительный размер переменного отрезка  $AC$ .

Подставляя в (1) значения углов из (3), находим функцию положения двухкривошипного механизма

$$\psi = 180^\circ + \arcsin \frac{r \cdot \sin \varphi}{m} - \arccos \frac{m}{2r}. \quad (4)$$

Значение аналога скорости ведомого кривошипа можно найти по формуле

$$\psi' = \frac{r^2 + (1 + r^2) \cdot \cos \varphi + \cos^2 \varphi}{m^2 (1 + r \cdot \cos \varphi)} + \frac{r \cdot \sin \varphi}{m \sqrt{4r^2 - m^2}}$$

полученной из (4) с учетом (2).

Рассмотрим движение механизма из начального положения  $OA_0B_0C$  в  $OA_1B_1C$  (рис. 1), в которых шатун параллелен стойке и  $\psi' = 1$ . Внутри рассматриваемого интервала  $\psi' < 1$ . Имеем:

$$\varphi^* = 180^\circ + \theta. \quad (5)$$

Для механизмов рассматриваемого семейства  $B_0CB_1 = A_0OA_1$  и

$$\varphi^* = 360^\circ - \varphi^* = 180^\circ - \theta. \quad (6)$$

Значение угла перекрытия  $\theta$  определяется из условия  $\theta = \alpha - \beta$ , которое с учетом формул

$$\cos \alpha = \frac{r-1}{2r} \quad \text{и} \quad \cos \beta = \frac{r+1}{2r},$$

полученных, соответственно, из  $\triangle OTA_0$  и  $\triangle OHA_1$ , принимает вид

$$\theta = \arccos \frac{r-1}{2r} - \arccos \frac{r+1}{2r}. \quad (7)$$

Для экстремальных значений коэффициента угловой скорости ведомого кривошипа  $\psi'_{\min}$  и  $\psi'_{\max}$  с учетом (5) и (6) имеем

$$\left. \begin{aligned} \psi'_{\min} &= \psi'_{\min} \frac{\varphi^*}{\varphi} = \psi'_{\min} \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \\ \psi'_{\max} &= \psi'_{\max} \frac{360^\circ - \varphi^*}{360^\circ - \varphi^*} = \psi'_{\max} \frac{180^\circ - \theta}{180^\circ + \theta} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

На рис. 2 показаны два положения механизма, в которых ось коллинеации  $P_2Q_2$  ( $P_5Q_5$ ) располагается перпендикулярно к оси шатуна  $A_2B_2$  ( $A_5B_5$ ). Ввиду симметричности рассматриваемых механизмов ( $OA = CB = r$ ), эти положения являются симметричными. Для указанных положений имеем

$$\psi'_{\min} = \frac{OQ_2}{CQ_2} = \frac{q-1}{q}, \quad \psi'_{\max} = \frac{OQ_5}{CQ_5} = \frac{q}{q-1}. \quad (9)$$

Из выражений (9) следует, что  $\psi'_{\min} \cdot \psi'_{\max} = 1$ , или  $\psi_{\min} \cdot \psi_{\max} = \psi_0^2$ . Это свойство справедливо для всех двухкривошипных механизмов с равными кривошипами, независимо от длины шатуна.

Анализ экстремальных значений аналога угловой скорости показывает, что для механизмов рассматриваемого семейства  $q = CQ_2 = OQ_3 \approx CB_3 = OA_3 = r$ . Тогда, заменив в (9)  $q$  на  $r$ , получим приближенные формулы

$$\psi'_{\min} = \frac{r-1}{r} \quad \text{и} \quad \psi'_{\max} \approx \frac{r}{r-1} \quad (10)$$

с помощью которых экстремальные значения  $\psi'$  для механизмов рассматриваемого семейства можно вычислить с точностью до 0,02. Точные и приближенные значения  $\psi'_{\min}$  для различных значений  $r$  приведены в таблице.

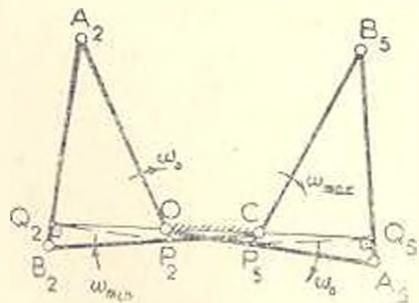


Рис. 2.

Таблица

	$r$							
	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Приближенное значение $\psi'_{\max}$	3,00	2,00	1,67	1,50	1,43	1,33	1,29	1,25
Точное значение $\psi'_{\min}$	3,02	2,02	1,69	1,52	1,42	1,35	1,30	1,27

Следует отметить, что формулами (10) можно пользоваться не только для механизмов, у которых  $l=r$ , но и для случая  $1,6 \leq l \leq r$ . При этом абсолютная погрешность не будет превышать 0,03. Формулы (10) дают точные значения для механизмов с  $l = \sqrt{2r-1}$ .

Подставляя соответствующие приближенные значения экстремальных  $\psi'$  из (10) в (8), получим формулы

$$\delta_{\min} = \frac{r-1}{r} \cdot \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \quad \text{и} \quad \delta_{\max} = \frac{r}{r-1} \cdot \frac{180^\circ - \theta}{180^\circ + \theta} \quad (11)$$

для определения экстремальных значений коэффициента скорости ведомого кривошипа, в которых значение угла перекрытия определяется по формуле (7).

Для механизмов рассматриваемого семейства коэффициент  $k$  неравномерности вращения ведомого кривошипа определяется по формуле

$$k = \frac{2r-1}{r(r-1)},$$

полученной из (10) с учетом очевидного выражения  $\psi'_p = 1$ .

Экстремальные значения угла передачи в шарнире  $B$ , соответственно, в положениях 1 и 4 механизма (рис. 1) определяются по формулам

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{\max} &= \gamma_1 - 180 - 2\beta = 180 - 2\arccos \frac{r-1}{2r}, \\ \gamma_{\min} &= \gamma_1 = 180 - 2\alpha = 180 - 2\arccos \frac{r-1}{2r}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Графики изменения экстремальных значений коэффициента скорости ведомого кривошипа и угла передачи, построенные по формулам (11) с учетом (7) и (12), показаны на рис. 3. Из графиков видно, что наилучшие углы передачи в шарнире  $B$  соответствуют участку медленного движения ведомого кривошипа ( $\psi' \leq 1$ ).

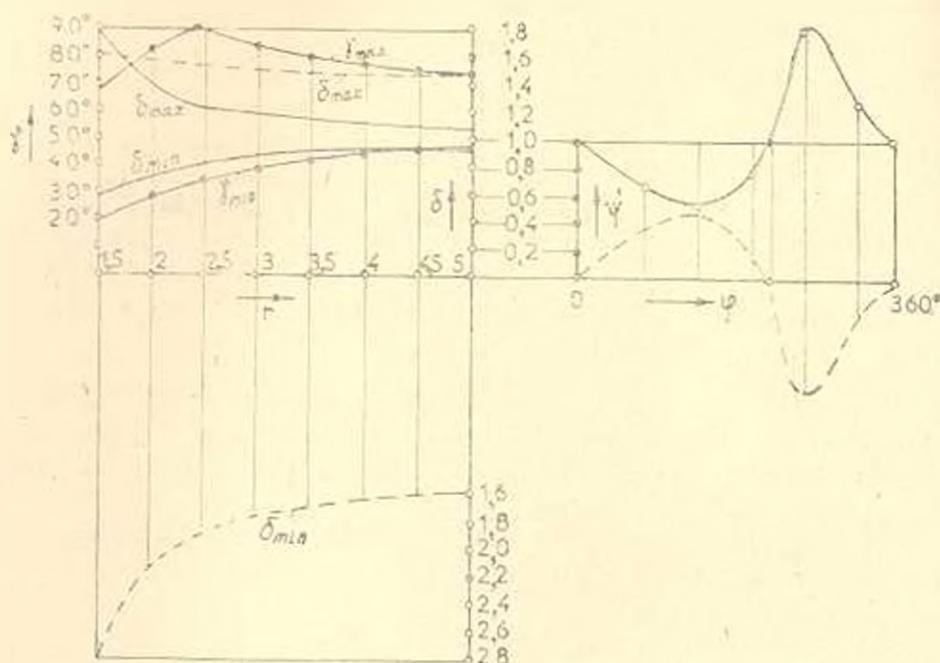


Рис. 3.

Полученные формулы позволяют вести синтез механизмов рассматриваемого семейства в случае, когда входным параметром синтеза является один из параметров  $\delta_{\min}$ ,  $\delta_{\max}$ ,  $k$ ,  $\gamma_{\min}$ ,  $\gamma_{\max}$ .

Если в рассмотренном двухкривошипном механизме за стойку принять ведомый кривошип, то получим кривошипнокоромысловый механизм, у которого  $OA=1$  и  $OC=AB=BC=r$ . На рис. 4 показаны крайние положения этого механизма. Легко можно показать, что в этом случае фазовый угол  $\varphi^*$ , соответствующий медленному ходу коромысла и угол перекрытия  $\vartheta$ , как и для исходного двухкривошипного механизма, определяется по формулам (5) и (7). Из рис. 4 для угла  $\varphi^*$  размаха коромысла имеем

$$\varphi^* = 2\alpha - 2\beta = 2\theta, \quad (13)$$

Экстремальным значениям аналога угловой скорости коромысла соответствуют положения  $O.A_2B_2C$  и  $O.A_3B_3C$  механизма, причем, как показано в работе [7], оба положения соответствуют одному и тому же положению ведомого коромысла. Для указанного семейства коромысловых механизмов, ввиду малости угла  $\angle COA$ , можно с достаточно большой точностью считать, что  $OQ \approx OI_5 = 1$ . Тогда минимальное значение аналога скорости коромысла определится по приближенной формуле

$$\dot{\psi}'_{\min} = \frac{\omega_{\min}}{\omega_0} \approx \frac{1}{1-r}, \quad (14)$$

т. е. полагается, что экстремальным значениям  $\dot{\psi}$  приближенно соответствуют положения  $O.A_4B_4C$  и  $O.A_1B_1C$  механизма (рис. 5). Приближенное значение  $\dot{\psi}'_{\max}$  можно найти по формуле

$$\dot{\psi}'_{\max} = \frac{\omega_{\max}}{\omega_0} \approx \frac{p}{p+r}$$

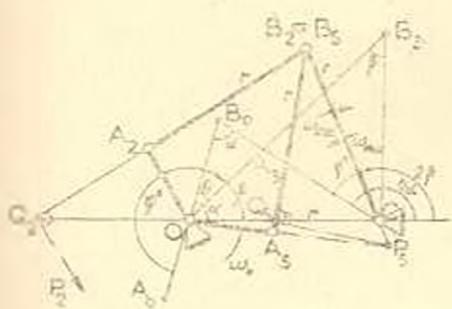


Рис. 4.

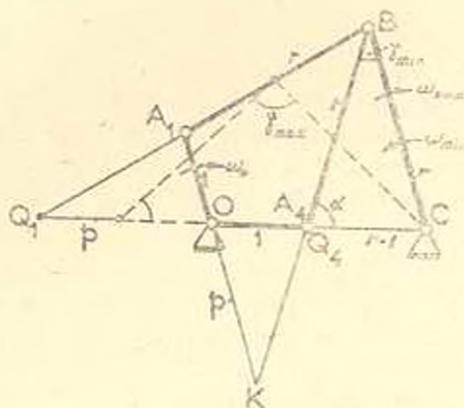


Рис. 5.

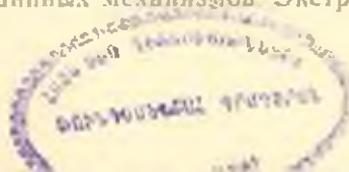
которая после подстановки значения  $p = r/(r-1)$ , найденного из условия  $\triangle OKA, \alpha \triangle CBA$ , принимает вид

$$\dot{\psi}'_{\max} \approx \frac{1}{r}. \quad (15)$$

Для экстремальных значений коэффициента скорости коромысла, аналогично (8) из (5) и (13)–(15), имеем

$$\left. \begin{aligned} \dot{\psi}'_{\max} &= \dot{\psi}'_{\max} \frac{\psi''}{\dot{\psi}^2} = \frac{180^\circ + \theta}{2br} \\ \dot{\psi}'_{\min} &= \dot{\psi}'_{\min} \frac{360^\circ - \psi''}{\dot{\psi}^2} = \frac{180^\circ - \theta}{2b(1-r)} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

В формулах (16) значения угла перекрытия  $\theta$  определяются по (7), как и для двухкривошипных механизмов. Экстремальные значения угла пе-



редачи, также как и для двухкривошипных механизмов, определяются по формулам (12). На рис. 3 приведены графики функций (16) и (13) для рассматриваемых коромысловых механизмов (пунктирные кривые).

Электротехнический факультет МИСиС

Получено 29. III. 1976

Ի Պ. ԶԱՎԱԽՅԱՆ

ՎԱՌՐՎԱԿ ԲԵՆԱՆԵՉՄԵՆԵՐԻ ԼԵՒ ՀԱՄԱԿԱՐԻ ԻՐԱՍԻՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Հոդվածում դիտարկվում է հարթ բառոդակ մեխանիզմների մի համախումբ, որոնց 3 օղակները ունեն միևնույն երկարությունը: Աշխատանքի մեխանիզմների նախագծման համար առաջարկված են մասափոր բանաձևեր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Hahn K.* How to apply Drag-Link Mechanisms in the synthesis of mechanisms. Transaction of the Fourth Conference of Mechanisms, October 14 and 15, 1957.
2. *Goodman T. P.* Linkage vs. Cams. Transactions of the Fourth Conference of Mechanisms, October 14 and 15, 1957.
3. *Kulltzecher P.* Kurvengetriebe-mit vorgeschalteter Doppelkurbel. Maschinenbautechnik, 1967, 16, № 9.
4. *Джавихян Р. П.* К синтезу плоских кулачковых механизмов с неравномерно прещлюющимися кулачками. «Машиноведение», 1967, № 5.
5. *Черкудинов С. А.* Об одном семействе двухкривошипных четырехзвенников. Труды семинара по ТММ. М., изд. АН СССР, т. II, вып. 8, 1947.
6. *Reinsberg K.* Ermittlung von übertragungünstigen Doppelkurbeln. Maschinenbautechnik, 1977, 26, 6.
7. *Wille F.* Gelenkvierecke, Schubkurbeln und Kurbelschleifen. Extremwerte der Übersetzungsverhältnisse und Getriebebelagen. Antriebstechnik, 1976, 15, № 7.