

Э. С. СААКЯН

МЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ДВУХКРИВОШИПНЫХ ПЯТИЗВЕННЫХ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМИ

1. Плоские пятизвенные механизмы с двумя степенями свободы (рис. 1) все чаще становятся объектом исследований как за рубежом [1-3], так и в СССР [4-6]. В этих работах, в частности, рассматриваются условия приращивания ведущих звеньев. Однако такие исследования проводятся либо для двухкривошипных механизмов первого рода*, либо в частном постановке вопроса, когда оба ведущих звена связаны непосредственным постоянным передаточным отношением. В отечественных публикациях, кроме [1-3], в [6] рассмотрены возможности пропорционирования ведущих звеньев в наиболее общей постановке вопроса. При этом получены системы неравенств, определяющие области существования того или иного механизма (механизмы ввиду двухкривошипных механизмов первого, второго рода, а также кривошипно-коромысловые механизмы), в которых выполняются соотношения:

$$l + a > d; a > l - a \text{ ж } a + d > l > d - a.$$

2. Анализ полученных в [6] результатов позволяет записать общепринятые условия существования механизмов того или иного типа для двух качественно различных случаев**, когда $l = d$. Для случая $l > d$ имеем условия существования: двухкривошипных механизмов первого рода

$$b + c > a + d - l, \quad |b - c| < a + d; \quad (1)$$

двухкривошипных механизмов второго рода

$$b + c > d - l - a, \quad |b - c| < a - l - d; \quad (2)$$

кривошипно-коромысловых механизмов

$$b - c > a - l - d, \quad |b - c| < d + l - a. \quad (3)$$

Для случая $l < d$ имеем условия существования: двухкривошипных механизмов первого рода

$$b + c > a + d - l, \quad |b - c| < d - a - l; \quad (4)$$

* Согласно уточнению понятия кривошипа для механизмов с двумя и более степенями подвижности [6], в дальнейшем двухкривошипными механизмами первого рода названы механизмы, размеры звеньев которых позволяют ведущим звеньям занимать любые относительные положения, согласуемые с условием вращения каждого из них относительно стойки. Двухкривошипными механизмами второго рода названы механизмы, в которых ведущие звенья при определенных условиях получают возможность проворачиваться на 360°.

** Ввиду симметрии рисуются пары механизмов (два ведущих звена, два шатуна (рис. 1)) ввиду принятого условия $d = a$.

двухкривошипных механизмов второго рода

$$b + c > d + l - a, \quad |b - c| < a + d - l; \quad (5)$$

кривошипно-коромысловых механизмов

$$b + c > d + |a - l|, \quad |b - c| < d + |a - l|. \quad (6)$$

Неравенства (1-6), представленные на рис 2, а и б, где по осям отложены длины шатунов b и c , обозначают области существования

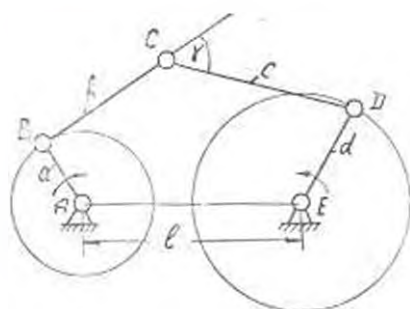


Рис. 1. Кинематическая схема шарнирного четырехзвенника

той или иной разновидности механизма. При этом значительно облегчается задача метрического синтеза этих механизмов.

3. При проектировании двухкривошипных пятизвенных механизмов первого рода на передачу движения существенным образом влияет величина острого угла γ между направлениями шатунов (рис. 1). При этом ставится требование

$$\gamma < \gamma_{\min}, \quad (7)$$

где $\gamma_{\min}$ — минимальное допустимое значение угла γ . Для удовлетворения (7) в механизмах с $l = d$ (рис. 3, а) необходимо выполнение условий:

$$b^2 + 2bc \cos \gamma_{\min} + c^2 - (a + d + l)^2 > 0; \quad (8)$$

$$b^2 - 2bc \cos \gamma_{\min} + c^2 - (l - a - d)^2 > 0. \quad (9)$$

Обычно размеры механизма a , d и l подбираются, исходя из конструктивных соображений и условия (8), (9) обеспечиваются подбором длин шатунов b и c . Исследование зависимости (8) показывает, что в системе координат BO_c (рис. 3, б) она представляет собой эллипс / с повернутыми на 45° осями. Уравнение эллипса в системе координат BO_c имеет вид:

$$\frac{B^2}{\left(\frac{a + d + l}{1 + 2 \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} + \frac{C^2}{\left(\frac{a + d + l}{1 + 2 \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} \geq 1, \quad (8a)$$

Аналогично, зависимость (9) представляет эллипс 2, уравнение которого будет:

$$\left(\frac{l-a-d}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2 + \left(\frac{l-a-d}{\sqrt{2} \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2 = 1. \quad (9a)$$

Для совместного удовлетворения условиям (8) и (9) при выборе размеров b и c необходимо, чтобы большая полуось эллипса 2 была больше меньшей полуоси эллипса 1, т. е.

$$\frac{l-a-d}{\sqrt{2} \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} > \frac{a-d+l}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}}. \quad (10)$$

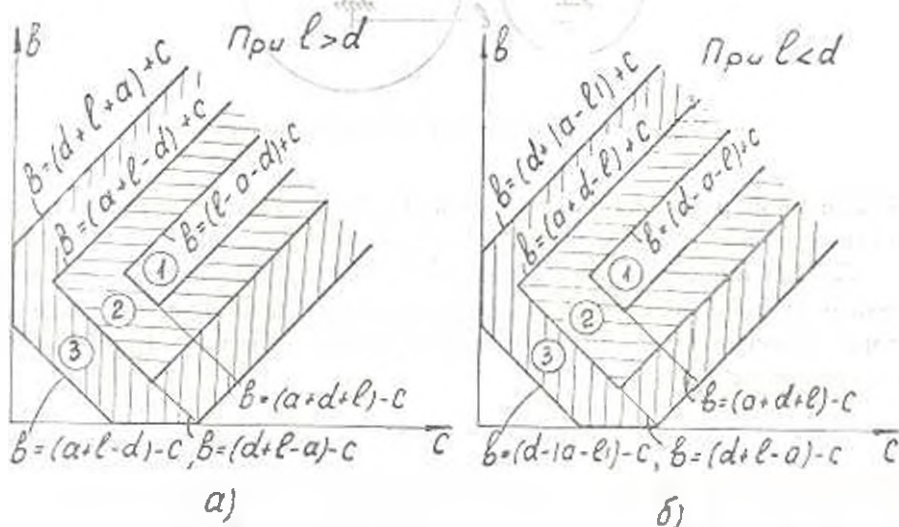


Рис. 2. Области существования: 1 — двухкривошипных механизмов первого рода; 2 — двухкривошипных механизмов второго рода; 3 — кривошипно-коромысловых механизмов

Преобразуя выражение (10), получим

$$1 > \frac{a+d}{\lg \left(45^\circ - \frac{\gamma_{\min}}{2} \right)}. \quad (11)$$

Для пятизвенных механизмов, в которых $l < d$ (рис. 1, а), имеем:

$$b^2 + 2bc \cos \gamma_{\min} + c^2 - (a+d-l)^2 > 0; \quad (12)$$

$$b^2 - 2bc \cos \gamma_{\min} + c^2 - (d-a-l)^2 < 0. \quad (13)$$

Зависимости (12) и (13) представляют собой эллипсы 1 и 2 (рис. 4, б), уравнения которых в системе координат BOC соответственно будут:

$$\left(\frac{B^2}{\left(\frac{a+d-l}{\sqrt{2} \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} + \frac{C^2}{\left(\frac{a+d-l}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} \right) \geq 1; \quad (12a)$$

$$\left(\frac{B^2}{\left(\frac{d-a-l}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} + \frac{C^2}{\left(\frac{d-a-l}{\sqrt{2} \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} \right)^2} \right) \leq 1. \quad (13a)$$

Для совместного удовлетворения условиям (12) и (13) необходимо, чтобы большая полуось эллипса 2 была больше меньшей полуоси эллипса 1, т. е.

$$\frac{d-a-l}{\sqrt{2} \sin \frac{\gamma_{\min}}{2}} > \frac{a+d-l}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma_{\min}}{2}}. \quad (14)$$

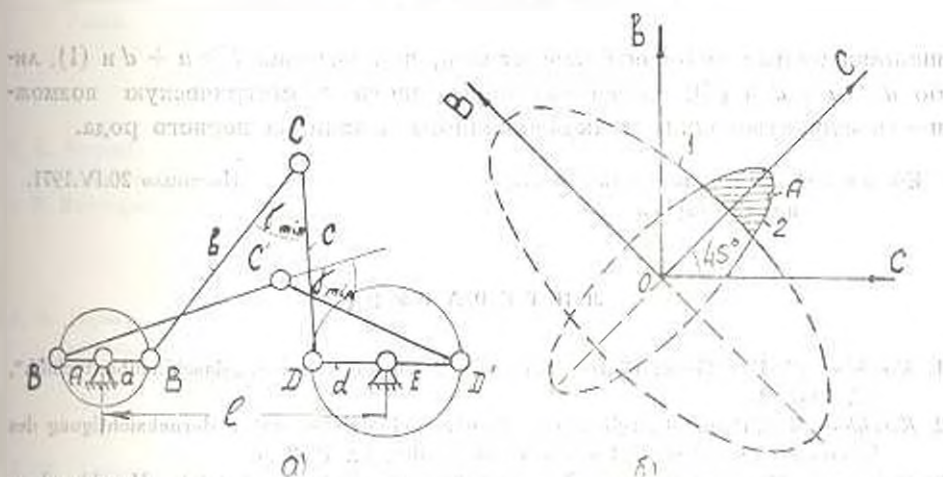


Рис. 3. К определению области существования двухкривошипных механизмов первого рода при условиях $l > d$ и $\gamma > \gamma_{\min}$

Преобразуя выражение (14), получим

$$d > \frac{a+l}{\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\gamma_{\min}}{2}\right)}. \quad (15)$$

4. Как следует из вышеприведенного исследования, при проектировании пятизвенных двухкривошипных механизмов первого рода с гарантированным отсутствием возможности заклинивания ($\gamma > \gamma_{\min}$) длины двух кривошипов и стойки должны удовлетворять соотношению (11) либо (15). При этом длины шатунов b и c должны быть выбраны в заштрихованной области A (рис. 3, б и 4, б), заключенной между эл-

липеями 1 и 2, уравнения которых в системе координат BOC выражаются зависимостями (8а), (9а) либо (12а), (13а). Естественно, что вы-

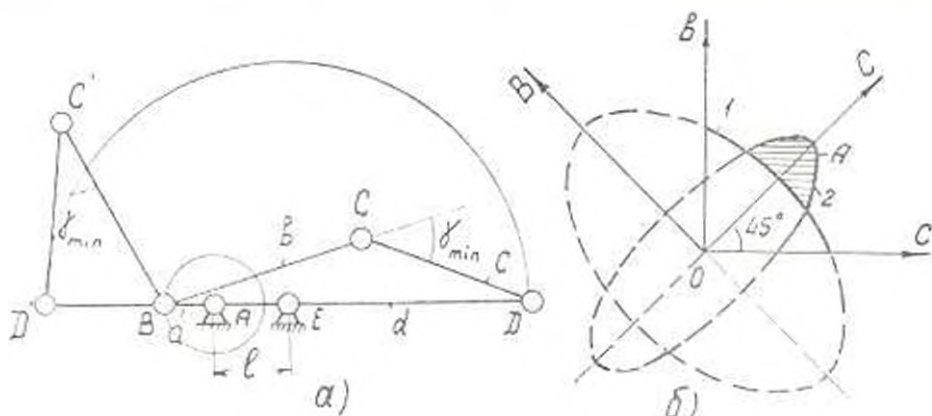


Рис. 4. К определению области существования двухкривошипных механизмов первого рода при условиях $l > d$ и $\gamma > \gamma_{\min}$

шеприведенные условия более строги, чем условия $l > a + d$ и (1), либо $d > a + d$ и (4), обеспечивающие чисто геометрическую возможность существования двухкривошипного механизма первого рода.

Ерланговский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 20.IV.1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Kirchhof M. Das Gelenkfünfloek und sein Bewegungsbereich. „Maschinenbautechnik“, 12, 1963, 2.
2. Kirchhof M. Entwurf fünfgliedriger Zweikurbelgetriebe unter Berücksichtigung des Übertragungswinkels. „Maschinenbautechnik“, 12, 1963, 6.
3. Kramer R. Das fünfgliedriger Zweikurbelgetriebe und sein Antrieb. „Maschinenbautechnik“, 14, 1965, 9.
4. Гулуншурин Э. Г. Условия наличия одного и двух кривошипов в пятизвенном шарнирном механизме. Вул. Inst. politeln. lasi, 10, 1964, 1-2.
5. Сергеев П. В., Тышкевич В. А. Анализ и элементы синтеза двухкривошипных пятизвенных кинематических цепей. Сб. „Теория механизмов и динамика машин“. Омск, 1967.
6. Сивакян Э. С. Условия проворачивания ведущих звеньев в плоских пятизвенных механизмах с вертикальными кинематическими парами. „Известия АН Арм.ССР (серия Т. Н.)“, т. XXIII, № 5, 1970.