

Э. С. СААКЯН

УСЛОВИЯ ПРОВОРАЧИВАНИЯ ВЕДУЩИХ ЗВЕНЬЕВ В ПЛОСКИХ ПЯТИЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМАХ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМИ

1. В шарнирных механизмах с одной степенью подвижности кривошипом называется звено, непосредственно соединенное со стойкой, которое в процессе движения имеет возможность проворачивания на 360° . В пятизвенных механизмах с двумя степенями подвижности понятие кривошипа требует некоторого уточнения. В статье *двухкривошипными механизмами первого рода* названы механизмы, размеры звеньев которых позволяют звеньям AB и ED (рис. 1, а) занимать любые относительные положения, согласуемые с условием вращения каждого из них относительно стойки. *Двухкривошипными механизмами второго рода* названы механизмы, в которых звенья AB и ED при определенных условиях получают возможность проворачивания на 360° . *Кривошипно-коромысловыми* или *однокривошипными механизмами* называются такие пятизвенные механизмы, в которых только одно из звеньев AB или ED имеет возможность проворачивания на 360° ; при этом второе из звеньев AB или ED может совершать независимое качательное движение в ограниченной области относительно стойки.

В последние годы пятизвенные механизмы все чаще становятся объектом исследований [1–5]. В этих работах, в частности, рассматриваются также условия проворачивания ведущих звеньев, однако исследования проведены либо для двухкривошипных механизмов первого рода в нашем определении [4], либо в частной постановке вопроса, когда оба ведущих звена связаны определенным постоянным передаточным отношением [1, 2, 5]. Там рассматриваются возможности проворачивания ведущих звеньев пятизвенных механизмов в наиболее общей постановке вопроса.

2. Исследование пятизвенных механизмов при наличии в их составе двух или одного кривошипа показало, что в зависимости от соотношения между разрезами стойки $l_{IE} = l$ и двух, прилегающих к ней, звеньев $l_{AB} = a$ и $l_{ED} = d$ существуют три характерные схемы механизмов, для которых можно получить общие закономерности существо-

* Понятия «двухкривошипный механизм первого рода» и «двухкривошипный механизм второго рода» — условны; они приводятся в качестве обозначений, способствующих краткости изложения.

вания кривошипов. Рассмотрим их в такой последовательности: $l > a + d$
 $l < d - a$; $a + d > l > d - a$, принимая во всех случаях $d > a$.

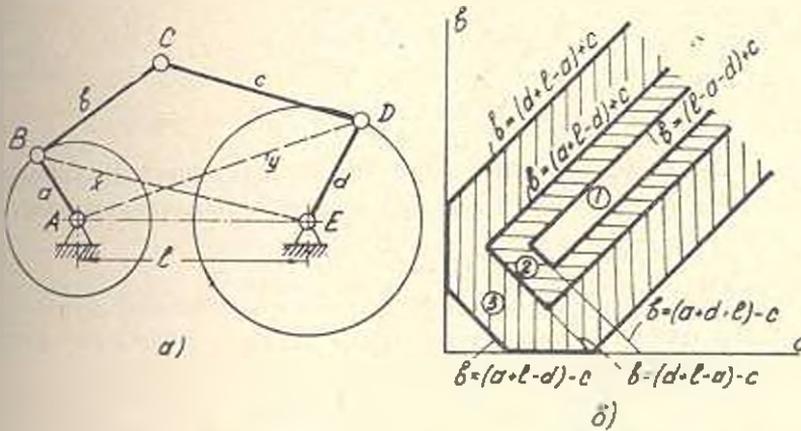


Рис. 1. а) Кинематическая схема пятизвенника с условием $l > a + d$.
 б) Области существования механизмов: 1 — двухкривошипных первого рода; 2 — то же второго рода; 3 — кривошипно-коромысловых.

3. Кинематическая схема механизма, размеры звеньев которого удовлетворяют неравенству $l > a + d$, изображена на рис. 1, а. Исследуя возможность проворачивания звена ED условного четырехзвенника EDCB с переменной длиной стойки $l_{EB} = x$, на основании теоремы Грасгофа [6] получим следующую систему неравенств:

$$d + x < b + c; \quad d + |b - c| < x.$$

Механизм ABCDE будет двухкривошипным первого рода, если выполняется нижеприведенная система неравенств:

$$d + x_{\max} < b + c; \quad d + |b - c| < x_{\min},$$

при условиях:

$$x_{\max} = a + l; \quad x_{\min} = l - a.$$

Окончательно этими условиями являются:

$$b + c > a + d + l; \quad |b - c| < l - a - d. \tag{1}$$

Для определения возможности существования двухкривошипного механизма второго рода, необходимо в отдельности исследовать проворачиваемость звеньев DE и AB. Чтобы звено ED являлось кривошипом необходимо выполнение неравенств:

$$d + x < b + c \text{ при } x \geq l - a;$$

$$d + |b - c| < x \text{ при } x \leq a + l,$$

откуда получим:

$$b + c > d + l - a; \quad |b - c| < a + l - d. \tag{а}$$

Чтобы кривошипом оказалось звено AB необходимо выполнение неравенств:

$$a + y < b + c \text{ при } y > l - d;$$

$$a + |b - c| < y \text{ при } y < d + l,$$

откуда получим:

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

Обобщая неравенства (а) и (б), условия существования двухкривошипного механизма второго рода можно записать в следующем виде:

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

Отсюда следует, что если обеспечивается проворачивание большего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена ED), то механизм — двухкривошипный второго рода.

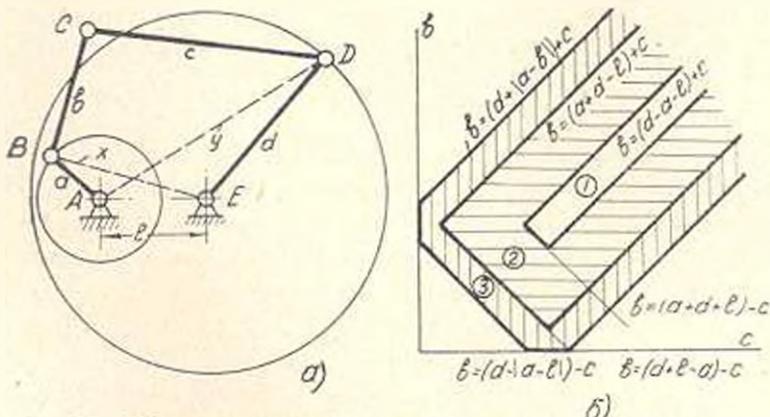


Рис. 2. а) Кинематическая схема пятизвенника с условием $l < a + d$.
 а) Области существования механизмов: 1 — двухкривошипных первого рода; 2 — то же второго рода; 3 — кривошипно-коромысловых.

Наконец, рассматриваемый механизм окажется кривошипно-коромысловым, если удовлетворяются условия проворачивания меньшего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена AB):

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

Полученные неравенства (1), (2) и (3) можно представить графически в системе координат (рис. 1, б), где по оси ординат отложен размер b , а по оси абсцисс — c , тем самым обозначив области существования той или иной разновидности механизма и облегчая задачу метрического синтеза.

4. Рассмотрим схему механизма (рис. 2, а), размеры звеньев которого удовлетворяют неравенству $l < d - a$. Используя методику, аналогичную предыдущему случаю исследования, получим условия существования двухкривошипного механизма первого рода в следующем виде:

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

Для определения возможности существования двухкривошипного механизма второго рода исследуем возможности проворачивания звеньев ED и AB . Чтобы звено ED являлось кривошипом необходимо выполнение неравенств:

$$x + d < b + c; \quad x + |b - c| < d; \quad x \geq l - a.$$

Отсюда получим условия:

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

Чтобы кривошипом оказалось звено AB , необходимо выполнение неравенств:

$$a + y < b + c \text{ при } y \geq d - l;$$

$$a + |b - c| < y \text{ при } y \leq d + l,$$

откуда:

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

Здесь следует учесть то обстоятельство, что в общем случае можем иметь $l \geq a$. Поэтому, обобщив выражение (г), получим:

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

При совместном рассмотрении неравенств (в) и (д) получим условия существования двухкривошипного механизма второго рода:

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

Отсюда следует, что если выполняется условие проворачивания большего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена ED), то механизм — двухкривошипный второго рода. Наконец, рассматриваемый механизм окажется кривошипно-коромысловым, если удовлетворяются условия проворачивания меньшего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена AB):

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

На рис. 2, б показаны области существования той или иной разновидности изучаемого механизма, определяемые системами неравенств (4), (5), (6). Следует заметить, что в случае, когда $d > l$, условие проворачивания звена AB совпадает с условием существования двухкривошипного механизма второго рода.

5. Рассмотрим схему механизма (рис. 3), размеры звеньев которого удовлетворяют неравенству $a + d > l > d - a$. При этой схеме условия Грасгофа для звена ED запишутся в следующем виде:

для интервала $d \leq x \leq a + l$

$$d + x < b + c; \quad d + |b - c| < x, \quad (е)$$

для интервала $|a-l| \leq x \leq d$

$$x + d < b - c; \quad x - |b - c| < d. \quad (\text{ж})$$

Из (е) и (ж) получим условия существования двухкривошипных механизмов первого рода:

$$b = c; \quad a + d + l < 2b. \quad (7)$$

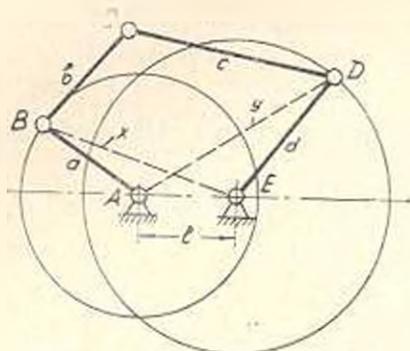


Рис. 3. Кинематическая схема пятизвенника с условием $a + d > l > d - a$.

Далее, определим условия проворачивания звена AB . Имеем следующие неравенства:

$$a + y < b + c; \quad a - |b - c| < y; \quad d + l > y > a$$

и

$$y + a < b + c; \quad y + |b - c| < a; \quad a > y > |d - l|.$$

Откуда соответственно получим:

$$b + c > 2a; \quad |b - c| < d + l - a \quad (\text{и})$$

и

$$b + c > a + |d - l|; \quad |b - c| < a - |d - l|. \quad (\text{к})$$

Из (и) и (к), выбрав наименее строгие выражения для $b + c$ и $|b - c|$ с учетом возможностей $a > l$ и $a < l$, получим:

$$b + c > a - l - d \quad \text{при } d < l;$$

$$b + c > d - |a - l| \quad \text{при } d > l; \quad (\text{л})$$

$$|b - c| < d - |a - l|.$$

Аналогичными рассуждениями можно получить условия проворачивания звена ED :

$$b + c > d + l - a; \quad |b - c| < a + |d - l|. \quad (\text{м})$$

Условия существования двухкривошипных механизмов второго рода получим совместным рассмотрением неравенств (л) и (м), которые сводятся к следующим:

$$b + c > d + l - a; \quad |b - c| < a + |d - l|. \quad (8)$$

Выражение (8) свидетельствует о том, что если выполняются условия проворачивания большего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена ED), то механизм является двухкривошипным второго рода. Наконец, рассматриваемый механизм окажется однокривошипным, если удовлетворяются условия проворачивания меньшего из звеньев AB и ED (в нашем случае звена AB):

$$\begin{aligned} b + c &> a + l - d \text{ при } d < l; \\ b + c &> d - |a - l| \text{ при } d > l; \\ |b - c| &< d + |a - l|. \end{aligned} \quad (9)$$

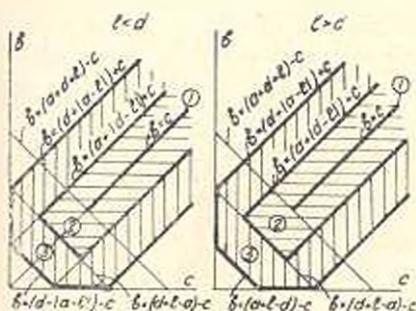


Рис. 4. Области существования двухкривошипных механизмов при $l = d$:
1 — первого рода; 2 — второго рода.

На рис. 4 показаны области существования той или иной разновидности изучаемого механизма, определяемые неравенствами (8), (9), (10). Следует заметить, что в случае, когда $l < a$, условие проворачивания звена AB совпадает с условием существования двухкривошипного механизма второго рода.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 20.V.1970.

Է. Ս. ՍԱՀԱՅԱՆ

ՊՏՏԱԿԱՆ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿ ԶՈՒՅԳՈՎ ԶԱՐԹ ԸՆԳՕՂԱԿ ՄԵՆԱՆԻՉՄԵՆԻՐՈՒՄ
ՏԱՆՈՂ ՕՂԱԿՆԵՐԻ ՇՈՒՌՈՒՄՈՒԻ ԳՎԱՈՒ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ռ մ

Հողի փածումը քննարկվում են հնգօղակ մեխանիզմների ննարավոր տարատեսակներ, որոնք, կախված օղակների երկարությունների հարաբերությունից, պատկանում են առաջին ու երկրորդ կարգի երկշուտովիկավոր մեխանիզմների կամ շուտովիկա-լծակավոր մեխանիզմներին: Մեխանիզմների նշված տարատեսակների համար ստացված են նրանց գոյություն արտայայտները սահմանող անհավասարությունների սխեմաներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Kirchhof M.* Das Gelenkfünfeck und sein Bewegungsbereich. „Maschinenbautechnik“, 12, 1963, 2.
2. *Kirchhof M.* Entwurf funfgliedriger Zweikurbelgetriebe unter Berücksichtigung des Übertragungswinkels. „Maschinebautechnik“, 12, 1963, 6.
3. *Kramer R.* Das funfgliedriger Zweikurbelgetriebe und sein Antrieb. „Maschinenbautechnik“, 14, 1965, 9.
4. *Гудушаури Э. Г.* Условия наличия одного и двух кривошипов в пятизвенном шарнирном механизме. „Bul. Inst. politehn. Iasi“, 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. *Баранов Г. Е.* Курс теории механизмов и машин, 1967.