

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ю. Л. САРКИСЯН, Р. П. ДЖАВАХЯН, А. А. КАСАМАНЯН,  
 З. А. АКОПДЖАНЫН, А. Г. АРЕШЯН

ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К КИНЕМАТИЧЕСКОМУ  
 ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ  
 РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Представленный в статье обобщенный подход к кинематическому исследованию пространственных механизмов и их плоских, сферических модификаций основан на приложении аналитических зависимостей между параметрами замкнутых кинематических цепей ЦССЦ, ЦСЦЦ и ЦЦЦЦ [1—3] к моделированию кинематики семейства одно-двух-трехподвижных четырехзвенников, полученных из вышеуказанных, путем замены в них цилиндрической пары вращательной, поступательной или винтовой парой, а также переходом к особым соотношениям постоянных параметров. В [4] приведена систематизация 148 пространственных четырехзвенников, содержащих одну сферическую пару, и дан способ получения их функций положения из аналитических выражений цепи ЦСЦЦ.

Настоящее исследование будет ограничено рассмотрением таких часто встречающихся четырехзвенников, моделируемых вышеуказанными тремя цепями, у которых отсутствуют винтовые кинематические пары, а сферическая (С), цилиндрическая (Ц), вращательная (В) и поступательная (П) пары могут располагаться в любом порядке, за исключением случая сферической пары со стойкой.

В кинематической цепи ЦССЦ (рис. 1а) постоянные  $a_1, a_2, a_3, a_4$  и переменные  $\varphi_{14}, \varphi_{24}, b_{14}, b_{24}$  параметры связаны зависимостью [1]:

$$u_0 + u_1 c_{34} + u_2 s_{34} + u_3 c_{14} + u_4 s_{14} + u_5 c_{14} c_{34} + u_6 s_{14} s_{34} = 0, \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} u_0 &= a_1^2 - a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + b_{14}^2 + b_{24}^2 - 2b_{14}b_{24}c_4; & u_1 &= 2a_2a_4; \\ u_2 &= -2a_3b_{14} - s_4; & u_3 &= -2a_1a_4; & u_4 &= 2a_1b_{24}s_4; \\ u_5 &= -2a_1a_3; & u_6 &= u_5c_4. \end{aligned} \quad (2)$$

В (1), (2) и в последующих выражениях приняты обозначения:

$$s_{ij} = \sin \varphi_{ij}; \quad c_{ij} = \cos \varphi_{ij}; \quad s_i = \sin \alpha_i; \quad c_i = \cos \alpha_i$$

(i, j = 1, 2, 3, 4).

Из уравнения (1) получим выражения

$$s_{34} = (A_2 A_3 - A_1 \sqrt{B_1}) / (A_1^2 + A_2^2); \quad (3)$$

$$c_{34} = (A_1 A_3 \pm A_2 \sqrt{B_1}) / (A_1^2 + A_2^2);$$

$$b_{34} = A_4 \pm \sqrt{A_4^2 - A_5}, \quad (4)$$

где

$$A_1 = u_1 + u_3 c_{14}; \quad A_2 = u_2 + u_4 s_{14}; \quad A_3 = -(u_0 + u_2 c_{14} + u_4 s_{14});$$

$$B_1 = A_1^2 + A_2^2 - A_3^2; \quad A_4 = (b_{14} c_4 - a_1 s_{14} s_4);$$

$$A_5 = a_1^2 - a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + b_{14}^2 + u_1 c_{34} + u_2 s_{34} + u_3 c_{14} + u_4 s_{14} c_{34} + u_0 s_{14} s_{34}.$$

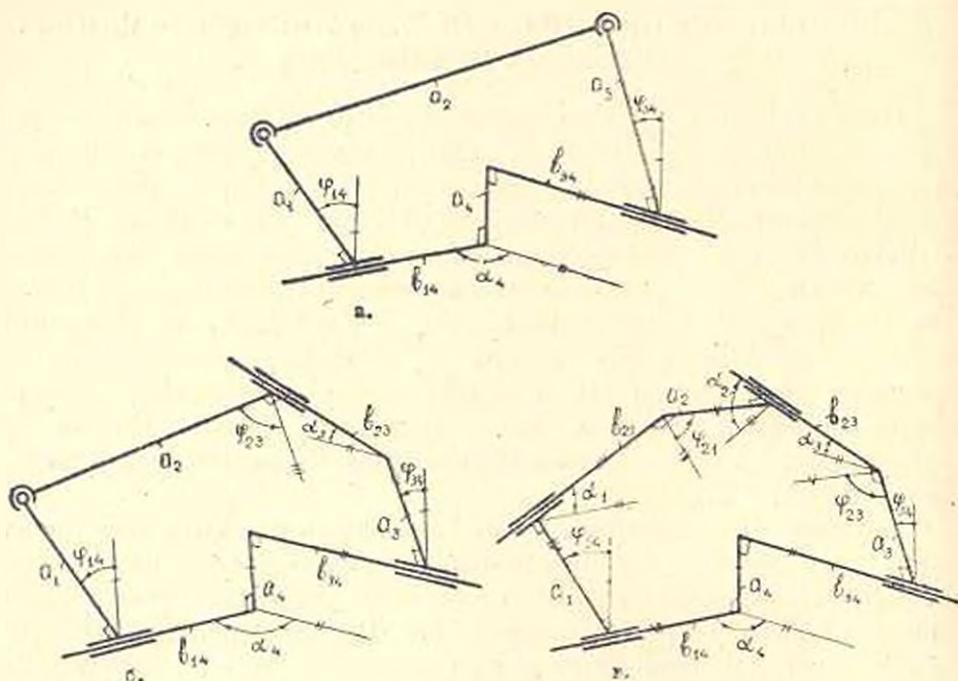


Рис. Кинематические схемы моделирующих цепей: а) ЦССЦ; б) ЦСЦЦ; в) ЦШЦ.

Табл. 1 иллюстрирует формирование функции положения (ФП) четырехзвенников, моделируемых цепью ЦССЦ, причем, через ВССВ1 (№ 10) обозначен вырожденный сферический четырехзвенник, четырехзвенники № 11—13 являются плоскими, а  $W$  — степень подвижности механизма.

Зависимости между постоянными  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_3, a_4$  и переменными параметрами  $\varphi_{14}, \varphi_{23}, \varphi_{34}, b_{14}, b_{23}, b_{34}$  кинематической цепи ЦСЦЦ (рис. 1б) имеют вид [2]:

$$-(p_1 s_{34} + p_2 c_{34}) c_3 - p_2 s_3 + a_2 s_{23} = 0; \quad (5)$$

$$a_3 + p_1 c_{34} - p_2 s_{34} - a_2 c_{23} = 0; \quad (6)$$

$$p_3 c_3 - (p_1 s_{34} + p_2 c_{34}) s_3 - b_{23} = 0; \quad (7)$$

$$(a_3 + p_1 c_{34} - p_2 s_{34})^2 + [p_3 s_3 + (p_1 s_{34} + p_2 c_{34}) c_3]^2 - a_2^2 = 0, \quad (8)$$

где

$$p_1 = a_4 - a_1 c_{14}, \quad p_2 = b_{14} s_4 + a_1 c_4 s_{14}, \quad p_3 = b_{34} - b_{14} c_4 + a_2 s_4 s_{34}$$

Таблица 1

№№	Обознач. механиз.	W	Постоянные параметры	Переменные параметры		ФП
				вход	выход	
1	ВССВ	1	$h_{14}, b_{34}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{34}$	(3)
2	ВССП	1	$b_{14}, \varphi_{34}$	$\varphi_{14}$	$b_{34}$	(4)
3	ПССВ	1	$\varphi_{14}, b_{34}$	$b_{14}$	$\varphi_{34}$	(3)
4	ПССП	1	$\varphi_{14}, \varphi_{34}$	$h_{14}$	$b_{34}$	(4)
5	ВССП	2	$b_{14}$	$\varphi_{34}$	$\varphi_{34}, b_{24}$	(1)
6	ЦССВ	2	$b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}$	(3)
7	ЦССП	2	$\varphi_{14}$	$b_{14}$	$\varphi_{34}, h_{24}$	(1)
8	ЦССП	2	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$h_{24}$	(4)
9	ПССП	3		$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{34}, b_{24}$	(1)
10	ВССВ1	1	$b_{14}, b_{34}, a_4 = 0$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$	(3)
11	ВВВВ	1	$b_{14} = b_{34} = a_4 = 0$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$	(3)
12	ВВВП	1	$b_{14} = \varphi_{34} = 0, a_4 = r/2$	$\varphi_{14}$	$b_{34}$	(4)
13	ПВВВ	1	$b_{34} = \varphi_{14} = 0, a_4 = r/2$	$b_{14}$	$\varphi_{24}$	(3)

Функции положения четырехзвенных механизмов — производных моделирующей цепи ЦСПЦ будут определены уравнением (8), преобразованным подстановкой полученных из (5), (6) и (7) выражений:

$$b_{14} = (D_1 c_3 + D_2 s_3 - a_2 s_{23}) / (s_3 c_4 - c_3 s_4 c_{34}); \quad (9)$$

$$b_{14} = (D_2 s_3 - D_1 s_3 - b_{23}) / (c_3 c_4 + s_3 s_4 c_{34}); \quad (10)$$

$$b_{34} = [a_2 s_{23} + (b_{14} c_4 - a_1 s_4 s_{14}) s_3 - (p_1 s_{34} + p_2 c_{34}) c_3] / s_3; \quad (11)$$

$$b_{34} = [(p_1 s_{34} + p_2 c_{34}) s + (b_{14} c_4 - a_1 s_4 s_{14}) c_3 + b_{23}] / c_3; \quad (12)$$

$$s_{14} = (D_4 D_5 + D_3 \sqrt{E_1}) / (D_5^2 + D_4^2), \quad c_{14} = (D_2 D_5 + D_4 \sqrt{E_1}) / (D_5^2 + D_4^2); \quad (13)$$

$$s_{14} = (D_7 D_8 + D_6 \sqrt{E_2}) / (D_8^2 + D_7^2), \quad c_{14} = (D_6 D_8 + D_7 \sqrt{E_2}) / (D_8^2 + D_7^2); \quad (14)$$

$$s_{34} = (D_{10} D_{11} + D_9 \sqrt{E_3}) / (D_{11}^2 + D_{10}^2), \quad c_{34} = (D_9 D_{11} + D_{10} \sqrt{E_3}) / (D_{11}^2 + D_{10}^2); \quad (15)$$

$$s_{34} = (D_{13} D_{14} + D_{12} \sqrt{E_4}) / (D_{14}^2 + D_{13}^2), \quad c_{34} = (D_{12} D_{14} + D_{13} \sqrt{E_4}) / (D_{14}^2 + D_{13}^2); \quad (16)$$

где

$$D_1 = p_1 s_{34} + a_1 c_4 s_{14} c_{34}; \quad D_2 = b_{24} + a_1 s_4 s_{14}; \quad D_3 = -a_1 c_{24};$$

$$D_4 = -a_1 c_4 s_{34}; \quad D_5 = a_4 c_{23} + b_{14} s_4 s_{34} - a_4 c_{24} - a_3; \quad D_6 = a_1 s_3 s_{34};$$

$$D_7 = a_1 s_4 c_3 - a_1 c_4 s_3 c_{34}; \quad D_8 = b_{23} + s_3 (a_4 s_{24} + b_{14} c_4 c_{24}) - (b_{34} - b_{14} c_4) c_3;$$

$$D_9 = p_1; \quad D_{10} = -p_2; \quad D_{11} = a_2 c_{23} - a_3; \quad D_{12} = -p_2 s_3; \quad D_{13} = -p_1 s_3;$$

$$D_{14} = b_{23} - p_3 c_3; \quad E_1 = D_3^2 + D_4^2 - D_5^2; \quad E_2 = D_6^2 + D_7^2 - D_8^2;$$

$$E_3 = D_9^2 + D_{10}^2 - D_{11}^2; \quad E_4 = D_{12}^2 + D_{13}^2 - D_{14}^2.$$

Соответствующие преобразования схематизированы в табл. 2.

Кинематическая цепь ICCC (рис. 1в) характеризуется 8 постоянными параметрами: межосевыми углами —  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  и кратчайшими расстояниями —  $a_1, a_2, a_3$  и  $a_4$  («длины» звеньев). Переменными являются параметры  $\varphi_{14}, \varphi_{21}, \varphi_{23}, \varphi_{34}$  и  $b_{14}, b_{21}, b_{23}, b_{34}$ , определяющие угловые и линейные относительные перемещения в кинематических парах [3]:

$$s_{24} = -(f s_1 s_{14} \pm h \sqrt{G}) (m s_2)^{-1}; \quad c_{31} = (h f \mp \sqrt{G} s_1 s_{14}) (m s_2)^{-1}; \quad (17)$$

$$s_{23} = \mp \sqrt{G} (s_2 s_3)^{-1}; \quad c_{23} = (c_2 c_3 - b) (s_2 s_3)^{-1}; \quad (18)$$

$$s_{21} = (-d s_4 s_{14} \pm g \sqrt{G}) / (m s_2); \quad c_{21} = (-g d \mp \sqrt{G} s_4 s_{14}) / (m s_2); \quad (19)$$

$$b_{21} = [-b_{14} s_4 (h \pm f s_1 s_{14} / \sqrt{G}) - a_1 (b s_4 s_{14} \mp g f / \sqrt{G}) \pm \pm a_2 m (c_2 c_3 - b) / (\sqrt{G} s_2) \mp a_3 m s_3 / \sqrt{G} + a_4 (s_1 s_{14} \mp h f \sqrt{G})] m^{-1}; \quad (20)$$

$$b_{34} = [-b_{14} s_1 (g \mp d s_4 s_{14} / \sqrt{G}) - a_1 (s_4 s_{14} \pm g d / \sqrt{G}) \mp \mp a_2 m s_2 / \sqrt{G} \mp a_3 m (c_2 c_3 - b) / (\sqrt{G} s_2) + a_4 (s_1 s_{14} b \pm h d / \sqrt{G})] m^{-1}, \quad (21)$$

где

$$h = -c_2 s_4 - s_1 c_4 c_{14}; \quad b = s_1 s_4 c_{14} - c_1 c_4; \quad m = 1 - b^2; \quad f = c_2 - c_2 b;$$

$$G = (s_1 s_2 s_{14})^2 + s_2^2 h^2 - f^2; \quad g = -s_1 c_4 - c_1 s_4 c_{14}; \quad d = c_3 - c_2 b.$$

Из уравнений (17), (20) и (21) для переменных параметров  $\varphi_{14}, b_{14}$  имеем:

$$s_{14} = (F_2 E_3 \pm F_1 \sqrt{H}) / (F_1^2 + F_2^2); \quad c_{14} = (F_1 F_3 \pm F_2 \sqrt{H}) / (F_1^2 + F_2^2); \quad (22)$$

$$b_{14} = [a_1 (-s_4 s_{14} \mp g d / \sqrt{G}) \mp a_2 m s_2 / \sqrt{G} \pm a_3 m (c_2 c_3 - b) / (\sqrt{G} s_2) + + a_4 (b s_1 s_{14} \pm h d / \sqrt{G}) - b_{34} m] / [s_1 (g \mp d s_4 s_{14} / \sqrt{G})]; \quad (23)$$

$$b_{14} = [a_1 (-b s_4 s_{14} \pm g f / \sqrt{G}) \pm a_2 m (c_2 c_3 + b) / (\sqrt{G} s_2) \mp a_3 m s_3 / \sqrt{G} + + a_4 (s_1 s_{14} \mp h f / \sqrt{G}) - b_{21} m] / [s_4 (h \pm f s_1 s_{14} / \sqrt{G})]. \quad (24)$$

где

$$F_1 = s_1 s_4 c_3 - s_1 c_4 s_2 c_{31}; \quad F_2 = -s_1 s_2 s_{34}; \quad F_3 = c_1 s_2 s_4 c_{34} + c_2 + c_1 c_4 c_{31};$$

$$H = F_1^2 + F_2^2 - F_3^2.$$

Четырехзвенные механизмы, моделируемые цепью CCC, и их функции положения символически обозначены в табл. 3, причем, через ВСС1 и ВСС2 обозначены соответственно невырожденный сферический четырехзвездник и механизм Беннета (для последнего механизма имеют место соотношения:  $\alpha_1 = \alpha_3, \alpha_2 = \alpha_4, a_1 = a_3, a_2 = a_4, a_1 s_2 = a_2 s_1$ ).

№ №	Обознач. механизма	W	Постоянные параметры	Переменные параметры		ФП
				вход	выход	
1	2	3	4	5	6	7
14	ВПСЦ	1	$\varphi_{23}, b_{24}$	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(8), (9)
15	ЦСПВ	1	$\varphi_{23}, b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}$	(8), (9) (8), (13)
16	ПВСЦ	1	$\varphi_{24}, b_{23}$	$b_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(8), (10)
17	ЦСВП	1	$\varphi_{24}, b_{23}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$b_{24}$	(8), (10) (8), (14)
18	ВВСЦ	1	$b_{23}, b_{24}$	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(8), (10)
19	ЦСВВ	1	$b_{23}, b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}$	(8), (10) (8), (14)
20	ППСЦ	1	$\varphi_{23}, \varphi_{24}$	$b_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(8), (9)
21	ЦСПП	1	$\varphi_{23}, \varphi_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$b_{24}$	(8), (9) (8), (13)
22	ВСВЦ	1	$b_{14}, b_{23}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{24}$	(8), (12)
23	ЦВСВ	1	$b_{14}, b_{23}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$\varphi_{14}$	(8), (12) (8), (16)
24	ВСЦВ	1	$b_{14}, b_{24}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$	(8)
25	ВЦСВ	1	$b_{14}, b_{24}$	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}$	(8)
26	ВСПЦ	1	$\varphi_{23}, b_{14}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{24}$	(8), (11)
27	ЦПСВ	1	$\varphi_{23}, b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$\varphi_{14}$	(8), (11) (8), (15)
28	ВСЦП	1	$\varphi_{24}, b_{14}$	$\varphi_{14}$	$b_{24}$	(8)
29	ПЦСВ	1	$\varphi_{24}, b_{14}$	$b_{24}$	$\varphi_{14}$	(8)
30	ПСВЦ	1	$\varphi_{14}, b_{23}$	$b_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{24}$	(8), (12)
31	ПВСЦ	1	$\varphi_{14}, b_{23}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$b_{14}$	(8), (12) (8), (16)
32	ПСЦВ	1	$\varphi_{14}, b_{14}$	$b_{24}$	$\varphi_{24}$	(8)
33	ВПСЦ	1	$\varphi_{14}, b_{24}$	$\varphi_{24}$	$b_{14}$	(8)
34	ПСПЦ	1	$\varphi_{14}, \varphi_{23}$	$b_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{24}$	(8), (11)
35	ЦПСЦ	1	$\varphi_{14}, \varphi_{23}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$b_{14}$	(8), (11) (8), (15)
36	ПЦСП	1	$\varphi_{14}, \varphi_{24}$	$b_{24}$	$b_{14}$	(8)
37	ПСЦП	1	$\varphi_{14}, \varphi_{24}$	$b_{14}$	$b_{24}$	(8)
38	ВПСЦ	2	$b_{24}$	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	(8)
39	ЦСПВ	2	$b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}$	(8)
40	ЦВСЦ	2	$b_{23}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	(8), (12) (8), (16)
41	ЦСВЦ	2	$b_{23}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(8), (10)
42	ПСПЦ	2	$b_{23}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{24}$	(8), (10) (8), (14)
43	ПЦСП	2	$\varphi_{24}$	$b_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	(8)
43	ЦСПП	2	$\varphi_{24}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	$b_{24}$	(8)

1	2	3	4	5	6	7
44	ЦПЦЦ	2	$\varphi_{23}$	$\varphi_{24}$ $b_{34}$	$\varphi_{14}, b_{34}$	(8), (11) (8), (15)
				$\varphi_{24}, b_{34}$	$\varphi_{14}$ или $b_{34}$	(8), (9)
45	ЦСПЦ	2	$\varphi_{23}$	$\varphi_{14}$ $b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	(8), (9) (8), (13)
				$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{34}$	(8), (11)
46	ВСЦЦ	2	$b_{14}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	(8)
47	ЦЦСВ	2	$b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	$\varphi_{14}$	(8)
48	ПСЦЦ	2	$\varphi_{14}$	$b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	(8)
49	ЦЦСП	2	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	$b_{14}$	(8)
50	ЦСЦЦ	3		$\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$	(8)
51	ЦЦСЦ	3		$\varphi_{24}, b_{34}$	$\varphi_{14}, b_{14}$	(8)

Вышеприведенные 60 четырехзвенники могут рассматриваться как самостоятельно, так и в составе многоконтурного пространственного механизма, полученного их последовательным соединением, причем, в этом случае на относительные движения звеньев двух- или трехподвижных четырехзвенников накладываются одно или два условия связи, и многоконтурный механизм становится одноподвижным. Поэтому формулы, описывающие скорость, ускорение и рывок выходных звеньев четырехзвенников, получил дифференцированием по времени их двухпараметрических функций положения

$$F(X, Y, Q) = 0, \quad (25)$$

Таблица 3

№№	Обознач. механ.	W	Постоянные параметры	Переменные параметры		ФП
				вход	выход	
52	ВЦЦЦ	1	$b_{14}$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{34}$	(17), (21)
53	ЦЦЦВ	1	$b_{14}$	$\varphi_{24}$ $b_{24}$	$\varphi_{14}$	(22) (21)
54	ЦВЦЦ	1	$b_{21}$	$\varphi_{14}$ $b_{14}$	$\varphi_{24}$ или $b_{34}$	(17), (21), (24) (17), (21), (24)
55	ЦЦВЦ	1	$b_{31}$	$\varphi_{24}$ $b_{24}$	$\varphi_{14}$ или $b_{14}$	(22), (24) (21), (24)
56	ПЦЦЦ	1	$\varphi_{14}, \varphi_{21}, \varphi_{23}, \varphi_{24}$	$b_{14}$	$b_{24}$	(21)
57	ЦЦЦП	1	$\varphi_{14}, \varphi_{21}, \varphi_{23}, \varphi_{24}$	$b_{24}$	$b_{14}$	(23)
58	ВЦЦЦ2	1	$b_{14} = b_{21} = b_{23} = b_{24} = 0$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$	(17)
59	ВЦЦЦ1	1	$b_{14} = b_{21} = b_{23} = b_{24} = 0$	$\varphi_{14}$	$\varphi_{24}$	(17)
60	ЦЦЦЦ	2		$\varphi_{14}$ или $b_{14}$ $\varphi_{14}, b_{14}$	$\varphi_{24}, b_{34}$ $\varphi_{24}$ или $b_{34}$	(17), (21)

в предположении неравномерности вращения входных звеньев четырехзвенника:

$$Y = XY', \quad \dot{Y} = X\dot{Y}' + X^2Y''; \quad \ddot{Y} = X\ddot{Y}' + 3X\dot{X}Y'' + X^2Y'''$$

где  $Q$  — вектор постоянных параметров рассматриваемого четырехзвенника;  $X, \dot{X}, X, \ddot{X}$  и  $Y, \dot{Y}, \ddot{Y}$  — перемещение, скорость, ускорение и рывок соответственно входного и выходного звеньев;  $Y', Y'', Y'''$  — аналоги скорости, ускорения и рывка выходного звена четырехзвенника, определяемые с помощью соответствующих частных производных (25) по известным формулам

$$Y' = \frac{dY}{dX} = - \frac{\partial F_i / \partial X}{\partial F_i / \partial Y} = - \frac{F'_x}{F'_y}$$

$$Y'' = [2F''_{xy}F'_x F'_y - F''_{xx}(F'_y)^2 - F''_{yy}(F'_x)^2] / (F'_y)^3$$

$$Y''' = [F'''_{xxx} + 3Y'F'''_{xxy} + 3F'''_{xyy}(Y')^2 + 3Y''F''_{xy} + 3Y'Y''F''_{yy} + (Y')^3F'''_{yyy}] / F'_y$$

Предлагаемая методика позволяет с помощью программных модулей анализа всего трех моделирующих кинематических цепей выполнить кинематическое исследование любого из вышеприведенных 60 четырехзвенников, а также всевозможных многоконтурных пространственных механизмов, полученных их последовательным соединением.

ՅՈՒ. Է. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ռ. Պ. ԶԻՆԱԿՅԱՆ, Զ. Զ. ԿԱՍՍՄԱՆՅԱՆ, Զ. Ա. ԶԱԿՈՋԱՆՅԱՆ,  
Ա. Գ. ԱՐԵՅԱՆ

ՏԱՐԱԹԱԿԱՆ ՔԱՌԹՂԱԿ ԼՐԱԿԱՅԻՆ ՄԵՆԱԿՆԻՋՄԵՆԵՐԻ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ  
ՌԵՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՐԱՅՎԱԾ ՄՈՏԵՑՈՒՄ

### Ա մ փ ո փ ո ս մ

Ներկայացված է գլանային, գնդային, պտտական և համընթաց կիներմատիկական գույղերի ցանկացած դասավորությամբ (բացառությամբ հենակի հետ գնդային գույղի) տարածական քառոդակ մեխանիզմների և նրանց հարթ ու գնդային ձևափոխումների կիներմատիկական ուսումնասիրության ընդհանրացված մի մոտեցում. որը հիմնված է երեք մոդուլավորող փակ կիներմատիկական շղթաների պարամետրերի միջև եղած վերլուծական առնչությունների օգտագործման վրա:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Касамиян А. А. Определение относительных перемещений звеньев четырехзвенной цепи общего вида с двумя цилиндрическими и двумя шаровыми парами. — В сб.: Труды МВТУ, № 110, теория механизмов, 1970, вып. 5, с. 43—51.
2. Касамиян А. А. Определение относительных перемещений звеньев четырехзвенной цепи общего вида с одной шаровой и тремя цилиндрическими парами. — Изв. АН АрмССР (сер. ГН), 1969, т. XXII, № 1, с. 28—35.
3. Касамиян А. А. Определение относительных перемещений звеньев четырехзвенного механизма общего вида с цилиндрическими парами. — В кн.: Механика машин, М.: Наука, 1970, вып. 25—26, с. 119—132.
4. Kassamian A. A., Strauchman H. Zur kinematischen Analyse Agliedriger räumlicher Mechanismen mit einem Kugelgelenk. — In: Wiss. Zeit. der TU Dresden, 1977, 26, H. 3/4, s. 739—743.