

А. А. КАСАМЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ
 ЧЕТЫРЕХЗВЕННОЙ ЦЕПИ ОБЩЕГО ВИДА С ОДНОЙ
 ШАРОВОЙ И ТРЕМЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ПАРАМИ

1. Исследование и прежде всего вывод законов относительных движений звеньев кинематической цепи необходимы потому, что выведенные зависимости и результаты их исследования распространяются на механизмы, которые могут быть получены из рассматриваемой цепи. В [1] проведено исследование такого рода для плоской кинематической цепи с одной поступательной и тремя вращательными парами с учетом проворачиваемости и возвратно-поступательного движения ее звеньев. Целесообразно вывести и исследовать законы относительных движений в пространственных цепях общего вида с несколькими степенями подвижности, так как из этих цепей как частные случаи можно получить плоские и пространственные цепи с одной степенью подвижности.

В статье рассматривается одна из таких цепей, кинематическая схема которой приведена на рис. 1. Для наглядности решения зада-

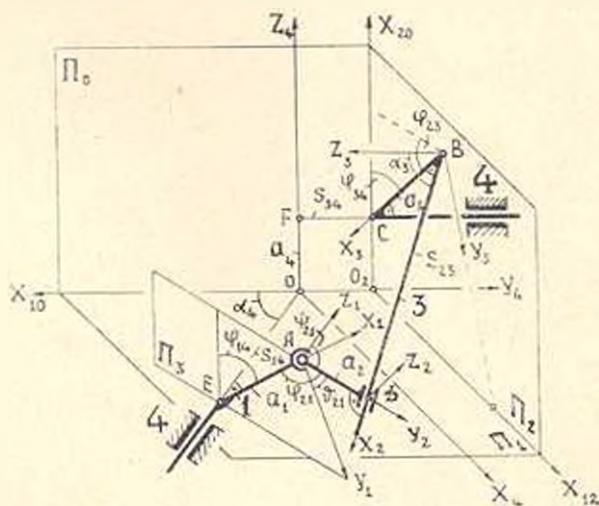


Рис. 1.

чи звено 4 изображено как неподвижное, т. е. кинематическая цепь рассматривается в виде конкретного механизма.

Принятые обозначения

- A — центр шаровой пары 1—2;
 - OE, FC, BD — оси цилиндрических пар 1—4, 3—1, 2—3;
 - $AE = a_1, AD = a_2$ — кратчайшие расстояния точки A от осей OE и BD или линейные размеры звеньев 1 и 2;
 - $BC = a_3, OF = a_4$ — кратчайшие расстояния между осями CF и BD , CF и OE или линейные размеры звеньев 3 и 4;
 - τ_3, τ_4 — углы между осями CF и BD , CF и OE или угловые размеры звеньев 3 и 4;
 - $\varphi_{11}, \varphi_{21}, \varphi_{22}, \varphi_{34}$ — углы между отрезками a_1 и a_2, a_2 и a_1, a_2 и a_3, a_3 и a_4 ;
 - s_{11}, s_{22}, s_{34} — кратчайшие расстояния между отрезками a_1 и a_2, a_2 и a_3, a_3 и a_4 ;
 - X, Y, Z_i — прямоугольная правая система координат, связанная со звеном i ($i = 1, 2, 3, 4$);
 - x_i, y_i, z_i — координаты произвольной точки в системе $X_i Y_i Z_i$;
 - θ_{21}, ψ_{21} — углы, образованные прямой AD с осями AY_1 и AZ_1 ;
 - θ_{21} — линейный угол между плоскостями EAD и ADB ;
 - Π_0 — плоскость, проведенная через точки O, F, C ;
 - $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6$ — плоскости, проведенные соответственно через точки O, C, F, B, D, A и перпендикулярные отрезкам OF, CF, OE, BC, BD, AD ;
 - A_p, B_p и т. д. — пресечения точек A, B и т. д. на плоскость Π_p ($p = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);
 - X_{pq} — линия (ось) пересечения взаимно-перпендикулярных плоскостей Π_p и Π_q ;
 - A_{pq}, B_{pq} и т. д. — проекции точек A, B и т. д. на ось X_{pq} .
- Оси $Ax_1, Dx_2, Dy_2, Bx_3, Oz_4$ проведены соответственно по EA, BD, AD, BC, OF , а оси Az_1, Bz_3, On_4 — параллельно EO, CF, FC .
- Положение (перемещение) звена 1 относительно звена 4 определяется параметрами s_{34} и τ_{34} . Положение звена 2 относительно звена 1 определяется двумя из углов $\varphi_{21}, \theta_{21}, \psi_{21}$ и углом θ_{21} .
- Положение звена 2 относительно звена 3 определяется параметрами s_{23} и τ_{23} . Положение звена 3 относительно звена 4 определяется параметрами s_{34} и τ_{34} . Положение звена 2 относительно звена 4 определяется координатами x_2, y_2, z_2 текущей точки $M(x_2, y_2, z_2)$ звена 2 в системе $X_2 Y_2 Z_2$. Положение звена 3 относительно звена 1 определяется координатами x_3, y_3, z_3 текущей точки $N(x_3, y_3, z_3)$ звена 3 в системе $X_3 Y_3 Z_3$. Механизм данного вида обладает тремя степенями подвижности, а потому среди его переменных параметров независимыми могут быть три параметра.
- Даны: независимые переменные $\varphi_{21}, s_{11}, s_{11}$; постоянные параметры $\tau_3, \tau_4, a_1, a_2, a_3, a_4$; точка $M(x_2, y_2, z_2)$ звена 2 и точка $N(x_3, y_3, z_3)$ звена 3. Нужно определить переменные $\tau_{34}, \tau_{23}, s_{34}, \tau_{21}, \theta_{21}, \psi_{21}, \theta_{21}$; координаты x_1, y_1, z_1 точки M и x_3, y_3, z_3 точки N . Эту задачу

можно решить графически методом, разработанным В. В. Егоровым [2], а затем на основе графического решения, согласно Г. Д. Анянову [3], вывести аналитические зависимости перемещений.

Ниже задача решается несколько по-другому. Искомый параметр φ_{21} переносится в число заданных, а известный параметр a — в число искомых, т. е. производится некоторая перестановка заданных параметров. Строится ортогональные проекции характерных точек кинематической схемы механизма в новых заданных параметрах и эта схема, которую нельзя назвать графическим решением данной задачи, ставится в основу для вывода аналитических зависимостей искомых параметров механизма.

2. Очевидно, что отрезки OE , BC , AE , BD и AD лежат соответственно в плоскостях Π_1 , Π_2 , Π_3 , Π_4 , Π_5 и $\Pi_2 \perp \Pi_1$, $\Pi_2 \perp \Pi_3$, $\Pi_4 \perp \Pi_2$, $\Pi_5 \perp \Pi_4$, $\Pi_6 \perp \Pi_3$, $OF \parallel (\Pi_2 \text{ и } \Pi_3)$, $FC \parallel (\Pi_4 \text{ и } \Pi_5)$, $BC \parallel \Pi_2$, $BD \parallel \Pi_4$. Согласно этому и вышепринятым обозначениям можно написать:

$$a_1 = A_3E_3, \quad a_2 = A_2D_3, \quad a_3 = B_1C_1, \quad a_4 = O_2C_2,$$

$$s_{34} = OE_3, \quad s_{24} = F_1C_1 = OO_2, \quad s_{23} = B_4D_4,$$

$$\varphi_{31} = \angle A_3E_3F_3, \quad \varphi_{21} = \angle X_{20}C_2B_2, \quad \varphi_{23} = \angle A_2D_2C_2,$$

$$\varphi_{24} = \angle F_4B_4D_4, \quad \varphi_{25} = \angle X_{20}O_2E_2, \quad \varphi_{21} = \angle E_6A_6B_6.$$

Углы φ_{21} , ϑ_{21} , ψ_{21} в натуральную величину изображаем следующим образом: разведя пару 2—3; фиксируем угол φ_{21} и совмещаем плоскость EAD с плоскостью Π_2 поворотом ее вокруг оси AX_1 ;

фиксируем угол ϑ_{21} и совмещаем плоскость DAZ_2 с плоскостью Π_3 поворотом ее вокруг оси AZ_1 ; фиксируем угол ψ_{21} и поворачиваем плоскость DAZ_1 вокруг оси AZ_1 до положения, параллельного плоскости Π_1 . Тогда на плоскость Π_2 без искажения будут проектироваться углы φ_{21} , ϑ_{21} и отрезок AD , а на плоскость Π_1 — угол ψ_{21} и отрезок AD .

Перейдем к построению схемы рис. 2. Принимая плоскость чертежа за плоскость Π_1 , проводим оси O_2X_{10} и O_2X_{10} . На оси O_2X_{10} и на расстоянии s_{31} от точки O_2 отмечаем точку O . Под углом α_1 к OX_{10} откладываем отрезок

$OE_1 = s_{31}$. Очевидно, что ось X_{11} проходит через точку E_1 и перпендикулярна отрезку OE_1 . Совмещаем плоскость Π_2 с плоскостью Π_1 поворотом ее вокруг оси X_{11} . Проекция E_2 совпадает с E_1 , так как

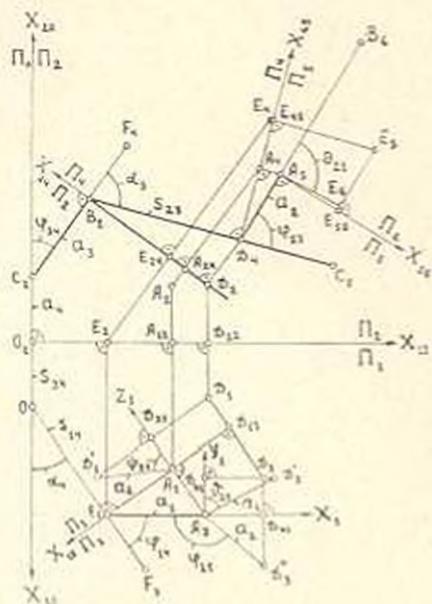


Рис. 2

точка E принадлежит плоскостям Π_1 и Π_2 . На продолжении OE_1 и на расстоянии a_1 от оси X_{11} получим проекцию F_2 . По углу φ_{11} и отрезку a_1 находим точку A_2 . Совмещаем плоскость Π_2 с плоскостью Π_1 так, чтобы ось O_2X_{20} была противоположна оси O_1X_{10} . На оси O_2X_{20} и на расстоянии a_2 от точки O_2 отмечаем точку C_2 . По углу φ_{21} и отрезку a_2 находим проекцию B_2 . Очевидно, что ось X_{21} проходит через точку B_2 и перпендикулярна отрезку B_2C_2 . Совмещаем плоскость Π_1 с плоскостью Π_2 поворотом ее вокруг оси X_{21} . Проекция F_1 совпадает с точкой O , а F_2 — с точкой C_2 . Поэтому проекция F_1 находится на прямой $C_2B_2 \perp X_{21}$ и на расстоянии $B_2F_1 = OO_2$ от оси X_{21} . Проекция B_1 совпадает с B_2 , так как точка B принадлежит плоскостям Π_1 и Π_2 . Проводим прямую B_2D_1 под углом α_2 к отрезку B_2F_1 . Опуская перпендикуляр из точки A_1 на ось X_{11} , получим проекцию A_1 , так как точка A лежит в плоскости Π_2 . Имея A_2 и A_1 , можно определить проекции A_3 и A_4 . Прямой угол A_1AB проектируется на плоскость Π_1 без искажения, так как одна его сторона AD лежит в этой плоскости. Следовательно, опуская перпендикуляр из точки A_1 на прямую B_2D_1 , получим точку D_1 и отрезок B_2D_1 , изображающий искомый параметр s_{23} в натуральную величину.

Ось X_{12} проходит через точки A_1 и D_1 , так как отрезок AD лежит в плоскости Π_2 . Совмещаем плоскость Π_2 с плоскостью Π_1 . По A_2 и A_1 находим точку A_3 . Проекция D_2 совпадает с D_1 , так как точка D принадлежит плоскостям Π_2 и Π_1 . Таким образом, отрезок A_3D_2 изобразит параметр a_2 без искажения. С точкой B_2 , кроме B_1 , совпадает и проекция C_2 , так как $BC \perp \Pi_1$. Следовательно, по точкам C_2 и B_2 можно найти проекцию C_3 . Угол $A_3D_2C_3$ будет искомым углом φ_{12} .

Ось X_{20} проходит через точку A_2 и перпендикулярна отрезку A_3D_2 . Совмещаем плоскость Π_2 с плоскостью Π_1 . Опуская перпендикуляр из точки E_1 на ось X_{12} , получим проекцию E_2 , так как точка E лежит в плоскости Π_1 . Имея E_1 и E_2 , можно найти проекции E_3 , E_4 и E_5 . Кроме D_2 , с точкой D_1 совпадает и проекция B_2 , так как $BD \perp \Pi_2$. Поэтому по B_2 и D_1 можно найти проекцию B_3 . Проекция A_4 совпадает с A_3 , так как точка A принадлежит плоскостям Π_1 и Π_2 . Таким образом, получим угол $E_4A_4B_3$, который изображает угол φ_{21} в истинную величину. Опуская перпендикуляр из точки D_1 на ось X_{20} , получим проекцию D_2 , так как точка D лежит в плоскости Π_1 . По D_1 и D_2 находим проекции D_3 и D_4 . Оси X_1 и X_2 в плоскости Π_1 проходят через точку A_1 , а ось AZ изображается в плоскости Π_1 осью $A_1Z_1 \perp X_{11}$. При повороте плоскости AAZ_1 вокруг оси AZ_1 до положения, параллельного плоскости Π_1 , проекция D_1 займет новое положение D_1' , где $D_1'D_1 \perp A_1Z_1$ и $A_1D_1' = a_2$. Угол $D_1'A_1Z_1$ равен искомому углу φ_{21} . При совмещении плоскости AAU_1 с плоскостью Π_1 , проекция D_2 займет положение D_2' , где $D_2'D_2 \perp A_2U_1$ и $A_2D_2' = a_1$. Угол $D_2'A_2U_1$ равен искомому углу φ_{11} . При совмещении плоскости DAE с плоскостью Π_1 , проекция D_1 займет по-

ложение D_3 , где $D_2 D_3 \perp A_2 X_1$ и $A_2 D_3 = a_2$. Угол $E_1 A_1 D_3$ равен иско-
мому углу φ_{21} .

Чтобы не усложнять схему рис. 2 построение координат точек
 M и N производим отдельно на рис. 3. Проведем оси $O X_4$ и $O Y_4$ в

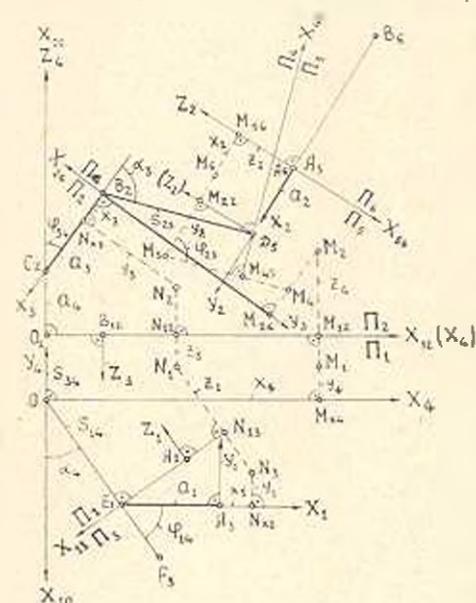


Рис. 3.

плоскости Π_1 . В этой плоскости ось BZ изображается осью $B_{12} Z_{12} \perp X_{12}$. Проведем оси $O_2 Z_4$, $B_2 X_3$ и $B_2 Y_2$ в плоскости Π_2 . В этой плоскости ось $O X_2$ изображается осью $O_2 X_{12}$. Откладывая заданные координаты $x_3 = B_2 N_{x3}$ и $y_1 = N_{y1} N_2$ в плоскости $X_3 B_2 Y_2$, получим проекцию N_2 , а на продолжении $A_2 X_{12} \perp X_{12}$ и на заданном расстоянии $z_3 = N_2 N_{12}$ от оси X_{12} находим проекцию A_1 . По N_1 и A_1 определяем проекцию A_2 . Координаты $A_2 N_{x1}$ и $A_{x1} A_2$ точки N_1 в системе $X_1 A_2 Y_1$ изображают соответственно искомые координаты x_1 и y_1 , а отрезок $N_1 A_{13}$ в плоскости Π_1 представляет координату z_1 . Ось $D X_6$ в плоскости Π_3 изображается осью $A_6 X_6$, которая направлена по $B_6 A_6$. Ось $D Y_6$ в плоскости Π_3 проходит через A_3 и D_5 . Ось $D Z_6$ в плоскости Π_3 проходит через точку D_4 , а в плоскости Π_4 — через точку A_4 и с осями $A_6 X_6$ и $D_4 Y_6$ образует правую систему координат, т. е. имеет направление, противоположное оси X_{56} . Откладывая заданные координаты $z_2 = A_6 M_{z6}$ и $x_2 = M_{x2} M_6$ в плоскости $X_2 A_6 Z_2$, получим проекцию M_6 , а на продолжении отрезка $M_6 M_{22} \perp D_5 Z_2$ и на заданном расстоянии $y_2 = M_{22} M_1$ от оси $D_5 Z_2$ находим проекцию M_3 . По M_6 и M_3 можно определить проекции M_1 , M_2 и M_1 . Координаты $O M_{x1}$ и $M_{x1} M_1$ точки M_1 в системе $X_1 O Y_1$ изображают соответственно искомые координаты x_1 и y_1 , а отрезок $M_2 M_{12}$ в плоскости Π_2 представляет координату z_1 .

3. Из треугольников $A_3 A_1 E_1$, $A_2 A_1 D_1$ (рис. 2), контуров $O E_1 A_1 A_{12} O_2 O$, $O_2 A_1 A_2 A_{23} B_2 C_2 O_2$, $B_2 A_2 A_3 D_1 B_1$ с учетом $A_2 A_{12} = A_1 A_2$, $A_1 A_{23} = A_1 A_{12}$, $A_3 A_2 = A_2 A_{21}$ получаем

$$\begin{aligned} & |a_3 + (a_1 - a_1 \cos \varphi_{11}) \cos \varphi_{31} - (s_{11} \sin z_1 + a_1 \cos z_1 \sin \varphi_{11}) \sin \varphi_{31}|^2 + \\ & + [(s_{11} + s_{11} \cos z_1 - a_1 \sin z_1 \sin \varphi_{11}) \sin z_3 - \\ & - [(a_1 - a_1 \cos \varphi_{13}) \sin \varphi_{31} - (s_{11} \sin z_1 + a_1 \cos z_1 \sin \varphi_{11}) \cos \varphi_{31}] \cos z_3]^2 = a_2^2. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} z_{23} = & |(a_1 - a_1 \cos \varphi_{13}) \sin \varphi_{31} + (s_{11} \sin z_1 + a_1 \cos z_1 \sin \varphi_{11}) \cos \varphi_{31}| \sin z_3 + \\ & + (s_{11} + s_{11} \cos z_1 - a_1 \sin z_1 \sin \varphi_{11}) \cos z_3; \end{aligned} \quad (2)$$

$$a_1 \sin \varphi_{21} = -[(a_1 - a_1 \cos \varphi_{21}) \sin \varphi_{31} + (s_{11} \sin \alpha_1 + a_1 \cos \alpha_1 \sin \varphi_{21}) \cos \varphi_{31}] \cos \alpha_1 + (s_{31} + s_{11} \cos \alpha_1 - a_1 \sin \alpha_1 \sin \varphi_{21}) \sin \alpha_1; \quad (3a)$$

$$a_2 \cos \varphi_{22} = a_2 + (a_2 - a_2 \cos \varphi_{21}) \cos \varphi_{31} - (s_{11} \sin \alpha_1 + a_1 \cos \alpha_1 \sin \varphi_{21}) \sin \alpha_1; \quad (3b)$$

Из выражения (1) угол φ_{21} в явном виде удается получить лишь для частных случаев механизма, например, при $\alpha_1 = 0$ или $\alpha_1 = 90^\circ$ и т. д. В общем случае значение угла φ_{21} целесообразно найти сначала графически по методу В. В. Егорова [2] с точностью геометрического построения, а затем — по формуле (1) с любой точностью методом последовательного приближения. Из $\Delta B_2 D_2 D_1$, контуров $O_2 D_1 D_2 B_2 C_2 O_2$, $O E_1 D_1 D_2 D_1 O_2 O$, $E_1 D_1 D_2 D_3 D_1 E_1$ и треугольников $A_1 D_1 D_2 D_1$, $A_2 D_2 D_3 D_2$, $A_3 D_3 D_4 D_3$ с учетом $D_1 D_2 = D_1 D_1$, $D_2 D_3 = D_2 D_2$, $A_1 D_1 = D_1 D_1$, $A_2 D_2 = D_2 D_2$ получим

$$a_2 \cos \varphi_{22} = s_{11} - (s_{31} - s_{21} \cos \alpha_1) \cos \alpha_1 - (a_3 \sin \varphi_{31} + s_{23} \sin \alpha_3 \cos \varphi_{31}) \sin \alpha_1; \quad (4)$$

$$a_1 \cos \varphi_{21} = -[(s_{31} - s_{21} \cos \alpha_1) \sin \alpha_1 + (a_3 \sin \varphi_{31} + s_{23} \sin \alpha_3 \cos \varphi_{31}) \cos \alpha_1] \sin \varphi_{31} - (a_1 + a_2 \cos \varphi_{21} - s_{23} \sin \alpha_3 \sin \varphi_{21}) \cos \varphi_{31} - a_1; \quad (5)$$

$$a_2 \cos \varphi_{21} = [(s_{31} - s_{21} \cos \alpha_1) \sin \alpha_1 + (a_3 \sin \varphi_{31} + s_{23} \sin \alpha_3 \cos \varphi_{31}) \cos \alpha_1] \cos \varphi_{31} - (a_1 + a_2 \cos \varphi_{21} - s_{23} \sin \alpha_3 \sin \varphi_{21}) \sin \varphi_{31}; \quad (6)$$

Имея в виду, что $E_4 E_{36} = E_1 E_{45}$, $E_3 E_{15} = E_2 E_{24}$, $E_4 E_{23} = E_1 E_{22}$, из $\Delta A_1 E_{36} E_3$, контуров $A_2 E_{36} E_3 E_{45} D_1 A_2$, $B_2 D_1 E_{45} E_4 E_{24} B_2$, $O E_1 E_{23} B_2 C_2 O$, $O E_1 E_2 O$, получим

$$|s_{23} - (a_3 \sin \varphi_{31} - s_{14} \sin \alpha_1 \cos \varphi_{31}) \sin \alpha_1 - (s_{31} + s_{11} \cos \alpha_1) \cos \alpha_1| \operatorname{tg} \delta_{21} = -[(s_{31} + s_{11} \cos \alpha_1) \sin \alpha_1 + (a_3 \sin \varphi_{31} + s_{14} \sin \alpha_1 \cos \varphi_{31}) \cos \alpha_1] \cos \varphi_{23} + (a_3 + a_4 \cos \varphi_{23} - s_{11} \sin \alpha_1 \sin \varphi_{21}) \sin \varphi_{23}; \quad (7)$$

Учитывая, что $M_2 M_{10} = M_1 M_{12}$, $M_3 M_{11} = M_2 M_{21}$, $M_4 M_{24} = M_2 M_{12}$, $O_2 M_{10} = O_2 M_{11}$, $y_4 = s_{34} - M_1 M_{11}$ (рис. 3), из контуров $M_2 M_{11} D_1 M_{21} M_3$, $B_2 M_1 M_4 M_{10} D_1 B_2$, $O_2 M_{12} M_2 M_4 B_2 C_2 O_2$ находим

$$x_1 = [(s_{33} + x_2) \sin \alpha_1 + (y_2 \sin \varphi_{21} - z_2 \cos \varphi_{23}) \cos \alpha_1] \cos \varphi_{31} + (a_3 + y_2 \cos \varphi_{23} + z_2 \sin \varphi_{23}) \sin \varphi_{31}; \quad (8a)$$

$$y_4 = s_{34} - (s_{31} + x_2) \cos \alpha_1 + (y_2 \sin \varphi_{23} - z_2 \cos \varphi_{23}) \sin \alpha_1; \quad (8b)$$

$$z_4 = -[(s_{21} + x_2) \sin \alpha_1 + (y_2 \sin \varphi_{21} - z_2 \cos \varphi_{23}) \cos \alpha_1] \sin \varphi_{31} + (a_3 + y_2 \cos \varphi_{23} + z_2 \sin \varphi_{23}) \cos \varphi_{31} - a_3; \quad (8c)$$

Учитывая, что $N_2 N_{12} = N_3 N_{13}$, $C_2 N_{13} = a_2 - x_3$, из контуров $O_2 N_1 N_2 N_3 C_2 O_2$, $O E_1 N_{13} N_3 N_{12} O_2 O$, $E_1 N_{11} N_1 N_{13} E_1$ находим

$$x_1 = [(s_{34} - z_3) \sin \alpha_1 + [(a_3 - x_3) \sin \varphi_{31} + y_3 \cos \varphi_{31}] \cos \alpha_1] \sin \varphi_{24} + [a_1 + (a_1 - x_3) \cos \varphi_{31} - y_3 \sin \varphi_{31}] \cos \varphi_{21} - a_1; \quad (9a)$$

$$y_1 = [(s_{31} - z_3) \sin \alpha_1 + [(a_3 - x_3) \sin \varphi_{31} + y_3 \cos \varphi_{31}] \cos \alpha_1] \cos \varphi_{21} - [a_1 + (a_3 - x_3) \cos \varphi_{31} - y_3 \sin \varphi_{31}] \sin \varphi_{21}; \quad (9b)$$

$$z_1 = -[(a_3 - x_1) \sin \varphi_{21} + y_3 \cos \varphi_{21}] \sin \alpha_1 + (s_{31} - z_3) \cos \alpha_1 + s_{14}; \quad (9c)$$

Если в уравнениях (1)–(7) положить $s_{11} = \text{const}$ и $s_{31} = \text{const}$, получим аналитические зависимости перемещений для механизма общего вида с одной шаровой (1–2), с одной цилиндрической (2–3) и двумя вращательными (1–4 и 3–4) парами. Выражения (8) будут уравнениями движения шатунной точки M . Графическое определение угла φ_{31} этого механизма дано в работе [2], а для его частного случая ($a_3 = 0$) — в работе [4].

Если в уравнениях (1)–(8) положить $s_{11} = \text{const}$, $s_{23} = \text{const}$, получим перемещения механизма с одной шаровой (1–2), с одной цилиндрической (3–4) и двумя вращательными (1–4 и 2–3) парами. В работе [5] определены положения звеньев этого механизма как аналитически, так и графически.

Если в уравнениях (1)–(7) принять $s_{11} = \text{const}$, $s_{33} = \text{const}$, $a_2 = r_1 + r_2$, то получим перемещения трехзвенного механизма общего вида с соприкасающимися шаром 1 радиуса r_1 и цилиндром 2 радиуса r_2 (рис. 4). Уравнения движения точки M касания звеньев 1 и

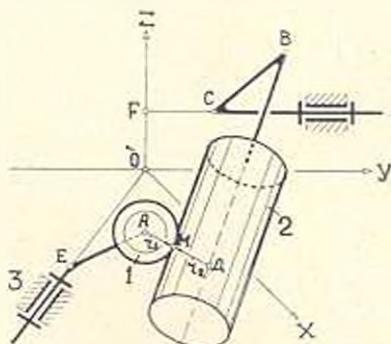


Рис. 4.

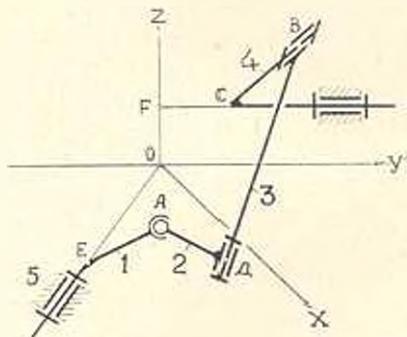


Рис. 5.

2 можно получить из выражений (8), принимая в них $x_2 = z_2 = 0$ и $y_2 = -r_2$. Из уравнения (1) следует, что угол (φ_{31}) поворота ведомого звена 2 этого механизма зависит от суммы радиусов r_1 и r_2 , т. е. от a_2 , и не зависит от соотношения r_1 и r_2 . Поэтому механизм рис. 4 кинематически эквивалентен трехзвенному механизму с соприкасающимися точкой A и цилиндром 2 радиуса $r = r_1 + r_2$. Для этого случая механизма в работе [6] даны метод и результат графического определения положения звена 1 при заданном положении звена 2.

Если в уравнениях (1)–(7) положить $s_{13} = \text{const}$, $s_{23} = \text{const}$, $s_{33} = \text{const}$, а угол α_3 считать переменным, то получим аналитические зависимости для пятизвенного механизма частного вида с одной шаровой и четырьмя вращательными парами (рис. 5). Если вместо звена 4 (рис. 1) сделать неподвижным звено 1, то получим другой механизм рассматриваемой цепи, для которого зависимости (1)–(7) остаются без изменения. В этом механизме шатуном будет уже звено 3, а для определения движения шатунной точки N имеем выражения (9).

Механизмы, изображенные на рисунках 1, 4, 5, имеют одинаковую геометрию, но отличаются друг от друга по структуре и кинематике.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 19.1.1968.

Ն. Ն. ԿԱՍՍԱՆՅԱՆ

ՄԵԿ ԳԵՌԱՅԻՆ ԵՎ ԵՐԵՔ ԳՐԱՆԱՅԻՆ ԶՈՒՅԿԵՐՈՎ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՍԲԻ
ՔԱՌՈՂԱԿ ՇՂԹԱՅԻ ՕՂԱԿՆԵՐԻ ՀԱՐԱՔԻՐԱԿԱՆ ՏԵՂԱՓՈՆՈՒԹՅՆԵՐԻ
ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Առաջարկված է գրաֆո-անալիտիկ եղանակ հրեր ադատության աստիճան ունեցող քառազակ տարածական մեխանիզմի շուրաքանչյուր օղակի տեղափոխությունը մնացած օղակների նկատմամբ որոշելու համար, երբ տանող և ասրժող օղակները անշարժ օղակի հետ կազմում են դրանային կիսնմատիկ զույգեր:

Տրված է «հրերաչափորեն համարժեք մեխանիզմներ» հասկացությունը: Ելվում է, որ դիտված մի շարք այլ խնդիրների անալիտիկ լուծումներն ստացվում են որպես այլալ խնդրի մասնավոր դեպքեր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Կոնս. Կ. Вращательные и качательные относительные движения в четырехзвенных кинематических цепях со скользящим шарниром. В сб. «Современные проблемы ТММ», изд. «Наука», 1965.
2. Էնթրոն Վ. Վ. Графический метод определения положения пространственных механизмов. Труды семинара по ТММ, т. VII, вып. 25, 1949.
3. Ալանյա Դ. Դ. Кинематика пространственных шарнирных механизмов сельскохозяйственных машин. Машииз, 1963.
4. Կասսանյան Ն. Ն. Некоторые вопросы кинематического анализа четырехзвенных пространственных механизмов. «Сообщения АН ГрузССР», т. XXXIII, № 2, 1964.
5. Կրինկլ Բ. Analytische und zeichnerische Verfahren zur Untersuchung egentlicher Raumkurbelgetriebe. «Konstruktion», 11 (1959), 11, 9.
6. Կասսանյան Ն. Ն. Кинематическое исследование пространственных трехзвенных механизмов графическим методом. Изв. вузов «Машиностроение», 11—12, 1958.