

УДК 621.01

Р. П. ДЖАВАХЯН, З. А. АКОПДЖАНЫН, К. В. ГАСПАРЯН

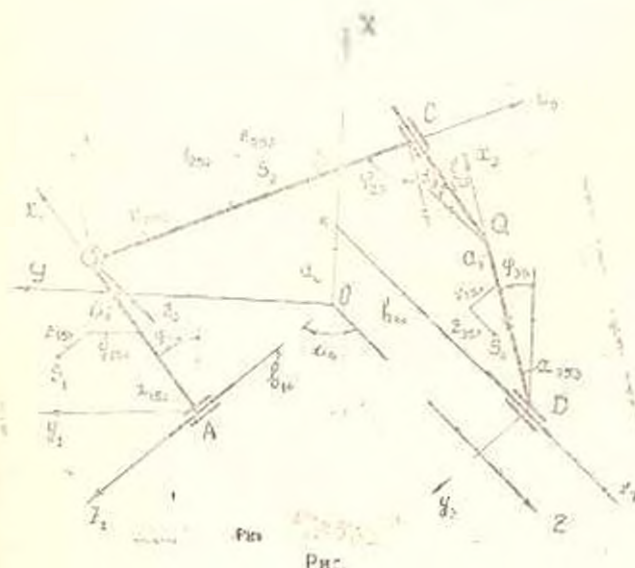
УНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНЕРЦИОННЫХ НАГРУЗОК ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКОВ

Предлагается унифицированный подход к определению инерционных нагрузок пространственных стержневых систем, моделируемых кинематической цепью ЦСПЦ, заключающийся в том, что главный вектор и главный момент сил инерции элементов указанных четырехзвенников определяются по формулам для обобщающей цепи СЦЦ подстановкой условий перелома от этой цепи к рассматриваемому четырехзвеннику.

Ил. 1. Табл. 3 Библиогр. 2 разв

Առաջարկվում է համակողմանի յոսանցում ԳԾԿ՝ վերահսկել շրջաօդի սպիտակ-դուրդ
առաքանակն ըստօրինակի և ունենալ խնդրյալն ինքնուրույն իրազեկման համար, որը
իմաստը կայանում է որպեսզի, որ այդ քաղաքակրթության վերահսկող խնդրոն ուժերի զգալի
վեկտորը և արևմտյան մասնավոր զգալիում է ԳԾԿ՝ վերահսկել շրջաօդի սպիտակ-դուրդ
ուժերի զգալիում վեկտորը և զգալիում մոմենտի զգալի և ինքնուրույն իրազեկման
դիտարկումներ

Ввиду сложности математического описания движений звеньев пространственных механизмов особое значение приобретает разработка унифицированных подходов их кинематического и силового исследования. Одним из основных направлений унификации методов анализа пространственных четырехзвенных механизмов является установление математической модели механизма на базе выражений взаимосвязи параметров обобщенной моделирующей кинематической цепи [1].



Представим методику определения инерционных нагрузок прост-
ранственных четырехзвенников, моделируемых кинематической цепью
ЦСЦЦ (Ц—цилиндрическая, С—сферическая пары), представленной
на рисунке. Оси выбранных правых систем координат расположены
следующим образом: ось OX неподвижной системы координат $OXYZ$
направлена вдоль стойки OK , а ось OZ параллельна оси KD враще-
ния выходного звена, ось Bx_2 подвижной системы координат $Bx_2y_2z_2$
шатуна направлена вдоль его оси, а ось Bz_2 —параллельна оси CQ ци-
линдрической пары шатуна. Ось Ax_1 подвижной системы координат
 $Ax_1y_1z_1$ входного звена направлена вдоль линии AB , а ось Az_1 сов-
падает с осью его вращения. Ось Dx_3 подвижной системы координат
 $Dx_3y_3z_3$ выходного звена совпадает с линией DQ , а ось Dz_3 —с осью
вращения выходного звена. Формулы для определения направляю-
щих косинусов подвижных координатных систем $Ax_1y_1z_1$ входного
звена, $Bx_2y_2z_2$ шатуна и $Dx_3y_3z_3$ выходного звена относительно непод-
вижной $OXYZ$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения направляющих косинусов системы $Ax_1y_1z_1$

$$\begin{aligned}\cos(X; x_1) &= \cos \varphi_{11}, \quad \cos(X; y_1) = -\sin \varphi_{11}, \quad \cos(X; z_1) = 0, \\ \cos(Y; x_1) &= \cos \alpha_1 \sin \varphi_{11}, \quad \cos(Y; y_1) = \cos \alpha_1 \sin \varphi_{11}, \quad \cos(Y; z_1) = \sin \alpha_1, \\ \cos(Z; x_1) &= -\sin \alpha_1 \sin \varphi_{11}, \quad \cos(Z; y_1) = -\sin \alpha_1 \cos \varphi_{11}, \quad \cos(Z; z_1) = \cos \alpha_1.\end{aligned}$$

Значения направляющих косинусов системы $Bx_2y_2z_2$

$$\begin{aligned}\cos(X; x_2) &= \cos \varphi_{21}, \quad \cos(X; y_2) = -\sin \varphi_{21}, \quad \cos(X; z_2) = 0, \\ \cos(Y; x_2) &= \sin \varphi_{21}, \quad \cos(Y; y_2) = \cos \varphi_{21}, \quad \cos(Y; z_2) = 0, \\ \cos(Z; x_2) &= 0, \quad \cos(Z; y_2) = 0, \quad \cos(Z; z_2) = 1.\end{aligned}$$

Значения направляющих косинусов системы $Bx_2y_2z_2$

$$\begin{aligned}\cos(X; x_2) &= (X_A - X_B)a_2, \quad \cos(Y; x_2) = (Y_C - Y_B)a_2, \\ \cos(Z; x_2) &= (Z_C - Z_B)a_2, \quad \cos(X; z_2) = (X_Q - X_C)b_2, \\ \cos(Y; z_2) &= (Y_Q - Y_C)b_2, \quad \cos(Z; z_2) = (Z_Q - Z_C)b_2, \\ \cos(X; y_2) &= \cos(Y; z_2) \cos(Z; x_2) - \cos(Z; z_2) \cos(Y; x_2), \\ \cos(Y; y_2) &= \cos(Y; x_2) \cos(Z; z_2) - \cos(X; z_2) \cos(Z; x_2), \\ \cos(Z; y_2) &= \cos(Z; x_2) \cos(Y; z_2) - \cos(Y; x_2) \cos(X; z_2).\end{aligned}$$

где $X_B = a_1 \cos \varphi_{11}$, $Y_B = b_{11} \sin \alpha_1 + a_1 \cos \alpha_1 \sin \varphi_{11}$, $Z_B = b_{11} \cos \alpha_1 - a_1 \sin \alpha_1 \sin \varphi_{11}$,
 $X_Q = a_1 - a_2 \cos \varphi_{21}$, $Y_Q = a_2 \sin \varphi_{21}$, $Z_Q = b_{21}$, $X_C = a_1 + a_2 \cos \varphi_{21} +$
 $+ b_{22} \sin \alpha_2 \sin \varphi_{21}$, $Y_C = a_1 \sin \alpha_2 + b_{22} \sin \alpha_2 \cos \varphi_{21}$, $Z_C = b_{21} - b_{22} \cos \alpha_2$,
 $b_{22} = P_2 \cos \alpha_2 - (P_2 \sin \alpha_2 + P_3 \cos \alpha_2) \sin \alpha_3$, $P_1 = a_1 - a_1 \cos \varphi_{11}$,
 $P_2 = b_{11} \sin \alpha_1 + a_1 \cos \alpha_1 \sin \varphi_{11}$, $P_3 = b_{11} \cos \alpha_1 + a_1 \sin \alpha_1 \sin \varphi_{11}$.

Силы инерции каждого из звеньев цепи в общем случае приводятся к главному вектору и главному моменту, проекции которых на оси жестко связанной со звеном подвижной системы координат определяются по формулам

$$F_{ax} = -m\ddot{X}_x, \quad F_{ay} = -m\ddot{Y}_x, \quad F_{az} = -m\ddot{Z}_x, \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ax} &= -I_x \omega_x - (I_x - I_y) \omega_y \omega_z, \\ M_{ay} &= -I_y \omega_y - (I_y - I_x) \omega_x \omega_z, \\ M_{az} &= -I_z \omega_z - (I_y - I_x) \omega_x \omega_y, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $\ddot{X}_x$, $\ddot{Y}_x$, $\ddot{Z}_x$ — проекции ускорения центра масс звена на оси связанной с ним подвижной системы координат; ω_x , ω_y , ω_z , $\dot{\omega}_x$, $\dot{\omega}_y$, $\dot{\omega}_z$ — проекции абсолютной угловой скорости и ускорения звена на те же оси; I_x , I_y , I_z — главные центральные моменты инерции звена относительно осей подвижной системы координат, являющихся главными центральными осями инерции.

При использовании выражений (1) и (2) для входного и выходного звеньев следует учитывать, что $\omega_x = \omega_y = \omega_z = 0$, $\dot{\omega}_x = \dot{\omega}_y = \dot{\omega}_z = 0$.

Взаимосвязь между постоянными (a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , z_1 , z_2 , z_3 и переменными (φ_{14} , φ_{23} , φ_{34} , b_{11} , b_{12} , b_{23}) параметрами кинематической цепи ЦСЦ, а также функции положения всех четырехзвенников, моделируемых ею, приведены в [1]. Проекция ускорений центров масс звеньев определяются двукратным дифференцированием по времени соответствующих координат, а положение, угловая скорость и ускорение шатуна определяются с помощью углов Эйлера, формулы для определения которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Углы Эйлера	Формулы для определения эйлеровых углов
Угол прецессии	$\cos \psi = -B / \sqrt{A^2 + B^2}$ $\cos \psi = A / \sqrt{A^2 + B^2}$
Угол нутации	$\cos \theta = \gamma_{23}$ $\sin \theta = 1 / \sqrt{\gamma_{21}^2 + \gamma_{23}^2}$
Угол чистого вращения	$\cos \Phi = (A^2 \gamma_{21} - B \gamma_{23}) / \sqrt{A^2 + B^2}$ $\sin \Phi = 1 / ((A^2 + B^2) \gamma_{23}^2 + (B \gamma_{21} - A \gamma_{23})^2) (A^2 + B^2)$

$$A = (Y_C - Y_B)(Z_Q - Z_R) - (Z_C - Z_R)(Y_Q - Y_B), \quad B = (Z_C - Z_R)(X_Q - Y_B) - (X_C - X_B)(Z_Q - Z_R), \quad C = (X_C - X_B)(Y_Q - Y_B) - (Y_C - Y_B)(X_Q - X_B).$$

$$\gamma_{21} = \cos(X; x_2), \quad \gamma_{22} = \cos(Y; x_1), \quad \gamma_{23} = \cos(Z; x_2), \quad \gamma_{24} = \cos(X; z_2),$$

$$\gamma_{25} = \cos(Y; z_2), \quad \gamma_{26} = \cos(Z; z_2).$$

Воспользуясь выражениями для определения инерционных нагрузок звеньев цепи ЦСЦ, можно определить инерционную нагрузку всех моделируемых ею четырехзвенников (табл. 3), образованных заменой одной или двух цилиндрических пар цепи вращательной или поступательной парами.

Таблица 3

Четырехзвенники, моделируемые кинематической цепью ЦСЦ

N	Наименование	K	Переменные параметры		N	Наименование	W	Переменные параметры	
			вход	выход				вход	выход
1	ЦСПЦ	3	φ_{11}, b_{11}	φ_{21}, b_{21}	11	П ЦВ	1	b_{11}	φ_{21}
2	ПСЦЦ	2	b_{11}	φ_{21}, b_{21}	12	В ЦПЦ	1	φ_{11}	b_{21}
3	ВСЦЦ	2	φ_{11}	φ_{21}, b_{21}	13	В ПЦ	1	φ_{11}	b_{21}
4	ЦСПЦ	2	b_{11}	φ_{21}, b_{21}	14	ВСЦВ	1	φ_{11}	b_{21}
5	ЦСПЦ	2	φ_{11}, b_{11}	φ_{21} или b_{21}	15	ВСВЦ	1	φ_{11}	b_{21}
6	ПСВЦ	2	φ_{11}	φ_{21}, b_{21}	16	ЦСПЦ	1	φ_{11}	b_{21}
7	ЦСПЦ	2	φ_{11}, b_{11}	φ_{21} или b_{21}	17	ЦСВВ	1	φ_{11}	b_{21}
8	ПСЦВ	1	b_{11}	φ_{21}	18	ЦСВЦ	1	φ_{11}	b_{21}
9	ПСВЦ	1	b_{11}	φ_{21}	19	ЦСПВ	1	φ_{11}	b_{21}
10	ПСВЦ	1	b_{11}	φ_{21}					

Представленный выше подход позволяет решить задачу о положениях, скоростях и ускорениях для всех четырехзвенников, моделируемых кинематической цепью ЦСЦ, что позволяет при известных массо-геометрических параметрах звеньев четырехзвенников достаточно просто определить действующие на них главные векторы и главные моменты сил инерции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисян Ю. А. и др. Обобщенный подход к кинематическому исследованию пространственных четырехзвенников рычажных механизмов // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т. XXXIX, № 2.—С. 3—9.
2. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин.—М.: Наука, 1979.—576 с.

ЕрIII

3. XI 1991