Изв. НАН Армении (сер. ТН), т. XLVII, № 1—2, 1994, с. 3—7

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.01

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

УНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СИЛОВОМУ АНАЛИЗУ ОДНОПОДВИЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКОВ, МОДЕЛИРУЕМЫХ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ ЦСЦЦ

Предлагаемый унифицированный подход к силовому анализу пространственных четырехзвенников, моделируемых кинематической цепью ЦСЦЦ, основан на замене цилиндрических кинематических пар цепи условными (У) парами, имеющими все составляющие главного вектора и главного момента сил реакции по трем взаимно перпендикулярным осям. Полученная после замены цепь ЦУУЦ разделяется на входное звено типа УС и диаду типа СУУ, для которых выводятся уравнения равновесия, из которых подстановкой соответствующего набора значений коэффициентов k_j ($j = 1 \ldots 10$) получаются уравнения равновесия входящего в состав рассматриваемого механизма диады и входного звена. Последовательным или совместным решением двух систем из 12 и 6 линейных уравнений определяются значения неизвестных реакций в кинематических парах рассматриваемого четырехзвенника, а также движущей силы или движущего момента.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. 2 назв.

Առաջարկվում է համապիտանի մոտեցում ԳՍԳԳ կինեմատիկ շղթայից մոդելավորվող տարածական քառօղակ մեխանիզմների ուժային հաշվարկին, որը հիմնված է գլանական կինեմատիկ զույգերը պայմանական (Պ) զույգերով փոխարինելու վրա, որոնց հակազդման ուժերի գլխավոր վեկտորը և գլխավոր մոմենտն ունեն բաղադրիչներ երեք փոխուղղահայաց առանցքների վրա։ Փոխարինումից ստացված ԳՊՊԳ շղթան բաժանվում է ՊԳ տիպի մուտքի օղակի և ԳՊՊ տիպի խմբի։ Նրանց համար դուրս են բերվում հավասարակշռության հավասարումներ, որոնցից k_j ($j = 1 \ldots 10$) գործակիցների համապատասխան հավաքածուի տեղադրմամբ ստացվում է քննարկվող մեխանիզմի կազմի մեջ մտնող մուտքի օղակի և խմբի հավասարակշռության հավասարումները։ 12 և 6 հավասարումներից բաղկացած համակարգերի հաջորդական կամ համատեղ լուծմամբ որոշվում է քննարկվող քառօղակի կինեմատիկական զույգերում անհայտ հակազդումների, ինչպես նաև շարժիչ ուժի կամ շարժիչ մոմենտի արժեքները։

Одним из путей повышения эффективности автоматизированного исследования пространственных механизмов различной структуры является применение подхода, позволяющего вывести выражения взаимосвязи между искомыми и известными параметрами механизма на базе соответствующих выражений обобщающей кинематической цепи. В работе [1] представлена методика получения функций положения пространственных четырехзвенников, моделируемых кинематической цепью ЦСЦЦ. Та же методика применена для определения инерционных нагрузок упомянутых четырехзвенников [2]. В настоящей статье представлен унифицированный подход к силовому анализу одноподвижных пространственных четырехзвенников, моделируемых кинематической цепью ЦСЦЦ.

Для получения обобщающих выражений силового исследования введем понятие «условной» кинематической пары (У), отличающейся от других тем, что главный вектор и главный момент сил реакций в этой паре имеют все составляющие по трем взаимно перпендикулярным осям. Такое допущение позволит из системы сил в условной паре легко получить системы сил в цилиндрической, поступательной и вращательной кинематических парах. Заменяя цилиндрические пары цепи ЦСЦЦ условной, получим условную цепь УСУУ, которая содержит входное звено типа УС и диаду типа СУУ.

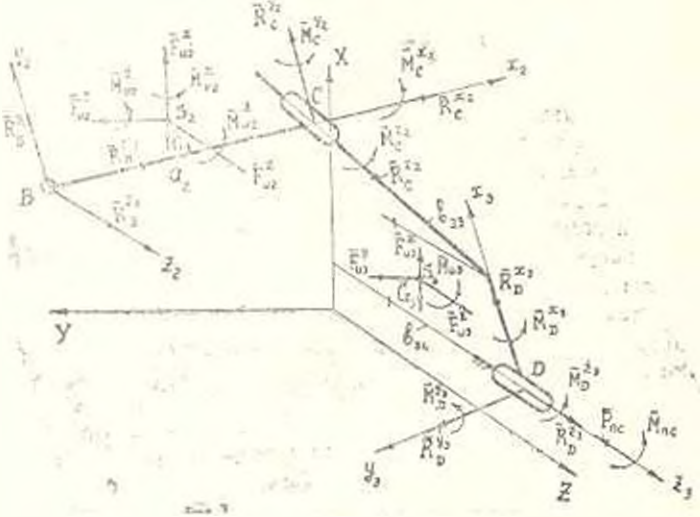

Рис 1

Уравнения равновесия диады СУУ (рис. 1) приведены в табл. 1, а значения входящих в эти уравнения сил и моментов инерции шатуна $\overline{F}_{u2}$, $\overline{M}_{u2}$ и коромысла $\overline{F}_{u3}$, $\overline{M}_{u3}$, а также направляющих косинусов α_{ij}, β_{ij} и γ_{ij} ($i = 2, 3$, $j = 1, 2, 3$) могут быть установлены по формулам, приведенным в [2]. В табл. 1 приняты следующие обозначения: X_B, Y_B, Z_B и X_D, Z_D — координаты центров шарнира B и условной пары D в неподвижной системе $OXYZ$; X_{S_2}, Y_{S_2}, Z_{S_2} и X_{S_3}, Y_{S_3}, Z_{S_3} — координаты центра масс S_2 шатуна и S_3 коромысла в неподвижной системе координат; $\overline{G}_2$ и $\overline{G}_3$ — силы тяжести шатуна и коромысла. Коэффициенты K_i ($i = 5...10$) могут принимать значения 0 или 1 в зависимости от типа кинематической пары в рассматриваемом механизме.

Уравнения равновесия входного звена типа УС (рис. 2) приведены в табл. 2, а значения входящих в эти уравнения проекций сил инерции входного звена $\overline{F}_{u1}$ и направляющих косинусов α_{ij}, β_{ij} и γ_{ij} ($i = 1$, $j = 1, 2, 3$) могут быть установлены по формулам [2]. В табл. 2 приняты следующие обозначения: X_A, Y_A, Z_A — координаты центра условной пары A в неподвижной системе $OXYZ$. X_{S_1}, Y_{S_1}, Z_{S_1} —

координаты центра масс S_1 входного звена в неподвижной системе координат; $\overline{G}_1$ — сила тяжести входного звена. Коэффициенты K_i (i = 1...4), как и в случае диады СУУ, могут принимать значения 0 или 1 в зависимости от типа входной кинематической пары A исследуемого механизма и наличия в действующей на входное звено системе сил движущей силы или движущего момента.

Таблица 1

Уравнения равновесия диады типа СУУ

$$R_B^{x_2}\alpha_{21} + R_B^{y_2}\alpha_{22} + R_B^{z_2}\alpha_{23} + R_C^{x_2}\alpha_{21} + R_C^{y_2}\alpha_{22} + K_1 R_C^{z_2}\alpha_{23} + F_{и2}^X - G_2 = 0,$$

$$R_B^{x_2}\beta_{21} + R_B^{y_2}\beta_{22} + R_B^{z_2}\beta_{23} + R_C^{x_2}\beta_{21} + R_C^{y_2}\beta_{22} + K_2 R_C^{z_2}\beta_{23} + F_{и2}^Y = 0,$$

$$R_B^{x_2}\gamma_{21} + R_B^{y_2}\gamma_{22} + R_B^{z_2}\gamma_{23} + R_C^{x_2}\gamma_{21} + R_C^{y_2}\gamma_{22} + K_3 R_C^{z_2}\gamma_{23} + F_{и2}^Z = 0,$$

$$R_B^{x_2}(\beta_{21}Z_B - \gamma_{21}Y_B) + R_B^{y_2}(\beta_{22}Z_B - \gamma_{22}Y_B) + R_B^{z_2}(\beta_{23}Z_B - \gamma_{23}Y_B) +$$

$$+ R_C^{x_2}(\beta_{21}Z_C - \gamma_{21}Y_C) + R_C^{y_2}(\beta_{22}Z_C - \gamma_{22}Y_C) + K_1 R_C^{z_2}(\beta_{23}Z_C - \gamma_{23}Y_C) +$$

$$+ F_{и2}^Y Z_{S_2} - F_{и2}^Z Y_{S_2} - M_{и2}^X + M_C^{x_2}\alpha_{21} + M_C^{y_2}\alpha_{22} + K_4 M_C^{z_2}\alpha_{23} = 0.$$

$$R_B^{x_2}(\gamma_{21}X_B - \alpha_{21}Z_B) + R_B^{y_2}(\gamma_{22}X_B - \alpha_{22}Z_B) + R_B^{z_2}(\gamma_{23}X_B - \alpha_{23}Z_B) +$$

$$+ R_C^{x_2}(\gamma_{21}X_C - \alpha_{21}Z_C) + R_C^{y_2}(\gamma_{22}X_C - \alpha_{22}Z_C) + K_1 R_C^{z_2}(\gamma_{23}X_C - \alpha_{23}Z_C) +$$

$$+ F_{и2}^Z X_{S_2} - F_{и2}^X Z_{S_2} - M_{и2}^Y + G_2 Z_{S_2} + M_C^{x_2}\beta_{21} + M_C^{y_2}\beta_{22} + K_4 M_C^{z_2}\beta_{23} = 0$$

$$R_B^{x_2}(\alpha_{21}Y_B - \beta_{21}X_B) + R_B^{y_2}(\alpha_{22}Y_B - \beta_{22}X_B) + R_B^{z_2}(\alpha_{23}Y_B - \beta_{23}X_B) +$$

$$+ R_C^{x_2}(\alpha_{21}Y_C - \beta_{21}X_C) + R_C^{y_2}(\alpha_{22}Y_C - \beta_{22}X_C) + K_1 R_C^{z_2}(\alpha_{23}Y_C - \beta_{23}X_C) +$$

$$+ F_{и2}^X Y_{S_2} - F_{и2}^Y X_{S_2} - G_2 Y_{S_2} - M_{и2}^Z + M_C^{x_2}\gamma_{21} + M_C^{y_2}\gamma_{22} + K_5 M_C^{z_2}\gamma_{23} = 0.$$

$$R_D^{x_3}\alpha_{31} + R_D^{y_3}\alpha_{32} - R_C^{x_2}\alpha_{21} - R_C^{y_2}\alpha_{22} - K_3 R_C^{z_2}\alpha_{23} + F_{и3}^X - G_3 = 0.$$

$$R_D^{x_3}\beta_{31} + R_D^{y_3}\beta_{32} - R_C^{x_2}\beta_{21} - R_C^{y_2}\beta_{22} - K_3 R_C^{z_2}\beta_{23} + F_{и3}^Y = 0.$$

$$K_7 R_D^{z_3} - R_C^{x_2}\gamma_{21} - R_C^{y_2}\gamma_{22} - K_1 R_C^{z_2}\gamma_{23} + F_{и3}^Z - K_8 P_{пс} = 0.$$

$$R_D^{x_3}\alpha_{31}Z_D + R_D^{y_3}\alpha_{32}Z_D - R_C^{x_2}(\beta_{21}Z_C - \gamma_{21}Y_C) - R_C^{y_2}(\beta_{22}Z_C - \gamma_{22}Y_C) -$$

$$- K_1 R_C^{z_2}(\beta_{23}Z_C - \gamma_{23}Y_C) + M_D^{x_3}\alpha_{31} + M_D^{y_3}\alpha_{32} - M_C^{x_2}\alpha_{21} - M_C^{y_2}\alpha_{22} - K_6 M_C^{z_2}\alpha_{23} +$$

$$+ F_{и3}^Y Z_{S_3} - F_{и3}^Z Y_{S_3} = 0.$$

$$K_1 R_D^{z_3} X_D - R_D^{x_3}\alpha_{31}Z_D - R_D^{y_3}\alpha_{32}Z_D - R_C^{x_2}(\gamma_{21}X_C - \alpha_{21}Z_C) - R_C^{y_2}(\gamma_{22}X_C - \alpha_{22}Z_C) -$$

$$- K_1 R_C^{z_2}(\gamma_{23}X_C - \alpha_{23}Z_C) + M_D^{x_3}\beta_{31} + M_D^{y_3}\beta_{32} - M_C^{x_2}\beta_{21} - M_C^{y_2}\beta_{22} -$$

$$- K_6 M_C^{z_2}\beta_{23} - K_8 P_{пс} Z_D + F_{и3}^Z X_{S_3} - F_{и3}^X Z_{S_3} + G_3 Z_{S_3} = 0.$$

$$R_D^{x_3}\beta_{31} X_D - R_D^{y_3}\beta_{32} X_D - R_C^{x_2}(\alpha_{21}Y_C - \beta_{21}X_C) - R_C^{y_2}(\alpha_{22}Y_C - \beta_{22}X_C) -$$

$$- K_1 R_C^{z_2}(\alpha_{23}Y_C - \beta_{23}X_C) + K_9 M_D^{z_3} - M_C^{x_2}\gamma_{21} - M_C^{y_2}\gamma_{22} - K_6 M_C^{z_2}\gamma_{23} +$$

$$+ F_{и3}^X Y_{S_3} - F_{и3}^Y X_{S_3} - G_3 X_{S_3} - M_{и3}^Z + K_{10} M_{пс} = 0.$$

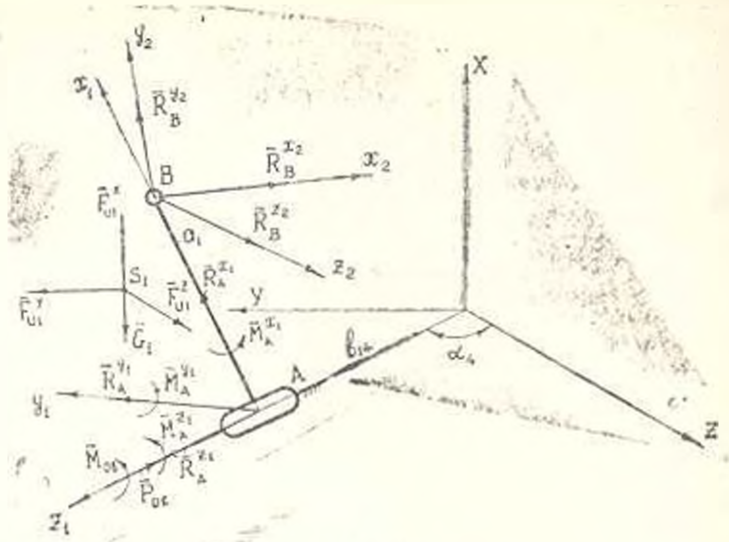

Рис. 2

Таблица 2

Уравнения равновесия одного звена типа УС

$$R_A^{x_1}\alpha_{11}+R_A^{y_1}\alpha_{12}-R_B^{x_2}\alpha_{21}-R_B^{y_2}\alpha_{22}-R_B^{z_2}\alpha_{23}+F_{и1}^{X}-G_1=0,$$

$$R_A^{x_1}\beta_{11}+R_A^{y_1}\beta_{12}+K_1R_A^{z_1}\beta_{13}-R_B^{x_2}\beta_{21}-R_B^{y_2}\beta_{22}-R_B^{z_2}\beta_{23}+F_{и1}^{Y}-K_2P_{дв}\beta_{13}=0,$$

$$R_A^{x_1}\gamma_{11}+R_A^{y_1}\gamma_{12}+K_1R_A^{z_1}\gamma_{13}-R_B^{x_2}\gamma_{21}-R_B^{y_2}\gamma_{22}-R_B^{z_2}\gamma_{23}+F_{и1}^{Z}-K_2P_{дв}\gamma_{13}=0,$$

$$R_A^{x_1}(\beta_{11}Z_A-\gamma_{11}Y_A)+R_A^{y_1}(\beta_{12}Z_A-\gamma_{12}Y_A)+K_1R_A^{z_1}(\beta_{13}Z_A-\gamma_{13}Y_A)+$$
$$+M_A^{x_1}\alpha_{11}+M_A^{y_1}\alpha_{12}-R_B^{x_2}(\beta_{21}Z_B-\gamma_{21}Y_B)-R_B^{y_2}(\beta_{22}Z_B-\gamma_{22}Y_B)-R_B^{z_2}(\beta_{23}Z_B-$$
$$-\gamma_{23}Y_B)+F_{и1}^{Y}Z_{S_1}-F_{и1}^{Z}Y_{S_1}-K_2P_{дв}(\beta_{13}Z_A-\gamma_{13}Y_A)=0,$$

$$R_A^{x_1}(\gamma_{11}X_A-\alpha_{11}Z_A)+R_A^{y_1}(\gamma_{12}X_A-\alpha_{12}Z_A)+K_1R_A^{z_1}(\gamma_{13}X_A-\alpha_{13}Z_A)+$$
$$+M_A^{x_1}\beta_{11}+M_A^{y_1}\beta_{12}+K_2M_A^{z_1}\beta_{13}-R_B^{x_2}(\gamma_{21}X_B-\alpha_{21}Z_B)-R_B^{y_2}(\gamma_{22}X_B-\alpha_{22}Z_B)-$$
$$-R_B^{z_2}(\gamma_{23}X_B-\alpha_{23}Z_B)+F_{и1}^{Z}X_{S_1}-F_{и1}^{X}Z_{S_1}+G_1Z_{S_1}-K_2P_{дв}\gamma_{13}X_A+K_4M_{дв}\beta_{13}=0,$$

$$R_A^{x_1}(\alpha_{11}Y_A-\beta_{11}X_A)+R_A^{y_1}(\alpha_{12}Y_A-\beta_{12}X_A)-K_1R_A^{z_1}\beta_{13}X_A+M_A^{x_1}\gamma_{11}+M_A^{y_1}\gamma_{12}+$$
$$+K_2M_A^{z_1}\gamma_{13}-R_B^{x_2}(\alpha_{21}Y_B-\beta_{21}X_B)-R_B^{y_2}(\alpha_{22}Y_B-\beta_{22}X_B)-R_B^{z_2}(\alpha_{23}Y_B-\beta_{23}X_B)+$$
$$+F_{и1}^{X}Y_{S_1}-F_{и1}^{Y}X_{S_1}-G_1Y_{S_1}+K_2P_{дв}\beta_{13}X_A+K_4M_{дв}\gamma_{13}=0.$$

Формирование алгоритма силового анализа одноподвижных пространственных четырехзвенников, моделируемых цепью ЦСЦЦ, представлено в табл. 3. Для четырехзвенников 1–8 процедура силового анализа включает последовательное решение систем линейных уравнений (табл. 1 и 2) с учетом значений коэффициентов, приведенных в табл. 3, а для четырехзвенников 9—16 задача сводится к решению системы 18 линейных уравнений (табл. 1 и 2) с учетом приведенных в табл. 3 значений коэффициентов.

Таблица 3

№	Наименование четырехзвенников	Входной параметр	Коэффициенты, значения которых равны нулю	Коэффициенты, значения которых равны нулю
1	ПСЦП	b_{14}	k_1, [illegible], [illegible], k_4, k_7, k_{10}	k_2, k_3, k_8, k_9
2	ПСПЦ	b_{14}	k_1, k_4, [illegible], [illegible], k_8	k_2, k_3, k_6, k_9, k_{10}
3	ПСЦВ	[illegible]	k_1, k_4, [illegible], k_6, k_8, k_9	k_2, k_3, k_7, k_{10}
4	П[illegible]Н[illegible]	[illegible]	k_1, [illegible], k_4, k_7, [illegible]	k_2, [illegible], k_5, [illegible], [illegible]
5	ВСЦП	φ_{14}	k_2, k_3, [illegible], [illegible], [illegible], k_{10}	[illegible], k_4, k_8, k_9
6	В[illegible]ПЦ	φ_{14}	k_2, k_3, k_5, k_7, [illegible]	k_1, [illegible], [illegible], [illegible], [illegible]
7	В[illegible]ЦВ	φ_{14}	k_2, k_3, [illegible], [illegible], k_8, k_9	k_1, k_4, k_7, k_{10}
8	ВСВЦ	φ_{14}	[illegible], k_3, k_4, [illegible], [illegible]	[illegible], [illegible], [illegible], k_9, k_{10}
9	ЦСПП	[illegible]	k_1, k_2, k_3, [illegible], k_7, k_{10}	k_4, k_6, [illegible], [illegible]
10	ЦСПП	b_{14}	k_1, k_2, [illegible], [illegible], [illegible], k_{10}	[illegible], [illegible], k_8, [illegible]
11	ЦСВВ	φ_{14}	k_2, k_3, k_3, [illegible], k_8, [illegible]	k_1, [illegible], k_7, k_{10}
12	Ц[illegible]ВВ	b_{14}	k_1, k_2, [illegible], k_6, [illegible], k_9	k_3, k_5, k_7, k_{10}
13	ЦСВП	φ_{14}	k_1, [illegible], [illegible], k_6, k_7, k_{10}	[illegible], k_6, [illegible], k_9
14	ЦСВП	b_{14}	[illegible], k_2, [illegible], k_6, [illegible], k_{10}	k_3, [illegible], [illegible], k_9
15	ЦСПВ	φ_{14}	k_1, k_2, k_3, [illegible], k_8, k_9	k_4, [illegible], k_7, [illegible]
16	ЦСПВ	[illegible]	k_1, k_2, [illegible], k_5, k_8, k_9	k_3, k_6, k_7, k_{10}

ЛИТЕРАТУРА

1. *Саркисян Ю. Л.* и др. [illegible] исследованию пространственных [illegible] // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т. XXXIX.—№ 2.—[illegible]—9.
2. *Джавахян Р. П., Акопджанян З. А., Г[illegible]арян К. В.* Унифицированный подход к определению инерционных нагрузок пространственных четырехзвенников // Изв. АН Армении. Сер. ТН.—

ЕрПИ 3. XI. 1991.

Изв. НАН Армении (сер. ТН), т. XLVII, № 1—2, 1994, с. 7—11

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.9.013

Р. Е. АВАКЯН, Г. Б. БАГДАСАРЯН

ВЛИЯНИЕ СОЖ НА СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Цель работы — установить оптимальные режимы резания при фрезеровании различных марок стали с применением смазочно-охлаждающих жидкостей. В осно-