

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисян Ю. Л., Харатян А. Г. Об аналогии конечных перемещений плоских и пространственных многоконтурных механизмов // Изв. АН АрмССР. Сер. III. — 1984. — Т. XXXVII. № 4. — С. 3—8.
2. Пейсах Э. Е. Справочные карты по синтезу шарнирного шестизвездника // Механика машин. — М.: Наука, 1974. — № 44. — С. 125—139.
3. Герасименко Р. Л. Аналитико-оптимизационный синтез восьмизвездных плоских шарнирных механизмов с одной или двумя приближенными остановками выходного звена: Дис. канд. тех. наук. — Л., 1983. — 247 с.
4. Макарян С. М. Об одном шарнирном механизме с поворотом ведомого звена на 180° // Машиностроение. — 1969. — № 4. — С. 40—47.

Изв. АН АрмССР (сер. III), т. XLII, № 1, 1988

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Р. П. ДЖАВАХЯН, В. Г. АРАКЕЛЯН

ЧАСТИЧНОЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

Полное динамическое уравновешивание механизмов реализуется: — применением сдвоенных механизмов, расположенных центрально-симметрично [1];

— сообщением уравновешивающим противовесам плоско-параллельного движения путем их выполнения в виде спутников, шарнирно установленных на звеньях механизма и зацепляющихся с колесами, которые установлены на смежных звеньях [2];

— применением особых шатунов, центр качания которых совмещен с одним из его шарниров, позволяющим сводить задачу уравновешивания механизмов к задаче уравновешивания вращающихся звеньев [3].

Известные методы полного динамического уравновешивания связаны с необоснованными усложнениями конструкции механизма [1, 2], которые приводят к значительному увеличению общей массы механизма, динамического момента на валу его входного звена и динамических реакций [3]. Поэтому на практике предпочтение отдается методам частичного динамического уравновешивания [4—7], сочетающим частичное силовое (статическое) уравновешивание с частичным моментным уравновешиванием [4, 5] или полное силовое уравновешивание с частичным моментным уравновешиванием [6, 7]. Первый метод реализуется либо одновременной минимизацией среднеквадратических значений (СКЗ) главного вектора и главного момента [4], либо уравновешиванием их первых гармоник [5]. Второй метод реализуется минимизацией СКЗ главного момента [6] или уравновешиванием его первой гармоники [7].

В данной работе развит второй метод частичного динамического уравновешивания механизмов, основанный, с одной стороны, на известном принципе независимости свойства статической уравновешив-

ности механизма от положения оси вращения противовеса [7], а с другой — на методе [4] среднего уравнивания, позволяющий повысить эффективность уравнивания.

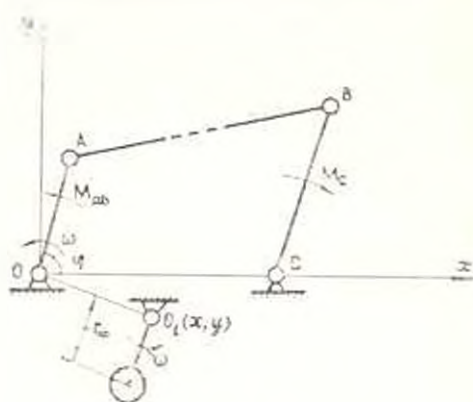


Рис. 1.

На рис. 1. представлен n -звенный плоский механизм, у которого входное звено вращается с заданной угловой скоростью ω и находится под действием движущего момента M_{ab} , а к выходному звену механизма приложен момент полезного сопротивления M_c . Для статически уравновешенного механизма модули главного вектора и главного момента неуравновешенных сил определяются по формулам

$$P = \sum_{i=1}^n G_i, \quad M_0 = M_{ab} = \sum_{i=1}^n M_{ci}(G_i) + M_c - \sum_{i=1}^n I_{xi} \varepsilon_i,$$

где для i -го звена: $M_{ci}(G_i)$ — момент сил тяжести G_i ; I_{xi} — центральный момент инерции; ε_i — угловое ускорение.

При перекосе оси вращения противовеса, установленного на продолжении кривошипа, из положения O в произвольное положение $O_1(x, y)$, сохраняется статическая уравновешенность механизма, но возникает дополнительный момент [7]

$$M_{cp} = S \cdot r_{cp} (\dot{\varphi} \cos \varphi - \ddot{\varphi} \sin \varphi),$$

где φ и $\dot{\varphi}$ — угол поворота и угловая скорость входного кривошипа; $S = m_{cp} r_{cp}$ — статистический момент противовеса относительно оси его вращения.

В [7] главный момент неуравновешенных сил $M_0(\varepsilon)$ аппроксимируется тригонометрическим рядом Фурье, а его первая гармоника уравнивается моментом $M_{yp}(\varphi)$ от центробежной силы инерции смещенного противовеса. Такая постановка задачи сужает возможности метода. Эффективность уравнивания может быть повышена применением методики среднего уравнивания [4], основанного на минимизации СКЗ остаточного момента

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i + M_{yp_i})^2 / N},$$

где i и N — индекс и число расчетных положений механизма.

Чтобы достичь минимума величины СКЗ, необходимо обратить в минимум сумму

$$I = \sum_{i=1}^N (M_i + M_{yp_i})^2.$$

для чего необходимо обеспечить условия равенства нулю частных производных от I по искомым координатам x и y , представленные зависимостями

$$S\omega^2 \left(y \sum_{i=1}^N \cos^2 \varphi_i - x \sum_{i=1}^N \sin \varphi_i \cos \varphi_i \right) = - \sum_{i=1}^N M_i \cos \varphi_i$$

$$- S\omega^2 \left(x \sum_{i=1}^N \sin^2 \varphi_i - y \sum_{i=1}^N \sin \varphi_i \cos \varphi_i \right) = - \sum_{i=1}^N M_i \sin \varphi_i$$

из которых с учетом соотношения $\sum_{i=1}^N \sin \varphi_i \cos \varphi_i = 0$ определяем неизвестные

$$x = \frac{\sum_{i=1}^N M_i \sin \varphi_i}{S\omega^2 \sum_{i=1}^N \sin^2 \varphi_i}, \quad y = - \frac{\sum_{i=1}^N M_i \cos \varphi_i}{S\omega^2 \sum_{i=1}^N \cos^2 \varphi_i} \quad (1)$$

Пример. Для шарнирного четырехзвенника с параметрами (рис. 1): $l_{OA} = 0,1$ м; $l_{AB} = 0,3$ м; $l_{BC} = 0,2$ м; $l_{OC} = 0,3$ м; $l_{OS} = 0,05$ м; $l_{SA} = 0,15$ м; $l_{BS} = 0,1$ м; $m_1 = 1$ кг; $m_2 = 3$ кг; $m_3 = 2$ кг; $I_{S_1} = 0,0225$ кгм²; $I_{S_2} = 0,00567$ кгм², $\omega = 10$ с⁻¹, принимая $r_{S_1} = 0,05$ м и $r_{S_2} = 0,1$ м, осуществляем его статическое уравновешивание и по формулам (1) определяем значения $x = -0,071$ м и $y = 0,189$ м, достигающие минимума I .

Таблица

Значения главного момента инерционных сил при различных способах уравновешивания

φ , град	$M(\varphi)$, Н·м	$\Delta M_1(\varphi)$, Н·м	$\Delta M_2(\varphi)$, Н·м	$\Delta M_3(\varphi)$, Н·м
0	-5,43	-7,23	-4,56	-3,33
30	-0,96	-5,52	-4,14	-1,50
60	-3,99	-2,39	0,49	0,71
90	-5,55	-0,63	-1,47	0,67
120	-4,14	0,50	-2,404	-0,30
150	-1,92	1,38	-2,76	-1,32
180	0,36	1,94	-2,61	-2,00
210	1,71	2,19	-2,15	-1,87
240	2,01	2,59	-2,04	-1,55
270	1,71	2,38	-1,63	1,01
300	-2,10	0,22	0,29	0,52
330	-3,99	-3,52	-3,42	-1,22
δ_j			36,9%	53,9%

В таблице приведены значения главного момента неуравновешенных сил $M(\varphi)$, остаточного момента $\Delta M_j(\varphi)$ после статистического уравновешивания ($j=1$), после уравновешивания первой гармоники момента инерционных сил ($j=2$) и после уравновешивания по предложенной методике ($j=3$), а также значения параметра R_j , характеризующего эффективность уравновешивания, вычисленного по формуле

$$R_j = \frac{\max |\Delta M_1(\varphi)| + \max |\Delta M_2(\varphi)|}{\max |\Delta M_j(\varphi)|} \cdot 100\% \quad (j = 2, 3).$$

и. 9. ՋՐՎՈՒՆԱՆ Կ 2. ԱՌԱՐԵՆԱՆ

ՄԵԿԱՆԻԿԱԿԱՆ ԻՆՎԵՐՏԻՆԱԿԱՆ ԳԻՆԱՄԻՐԱԿԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐԱԿԵԹՈՒՄ

Ա. Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Չորսզանգի մեխանիզմների մասնակի դինամիկական նախասրահչրոման մեթոդ, մի կողմից իմնված այն հայտնի սկզբունքի վրա, ըստ որի մեխանիզմի ստատիկ նախասրահչրոմածությունը կախված չէ հակակշռի պարաման ստանյոյի դիրքից, իսկ մյուս կողմից՝ լավագույն միջին նախասրահչրոման մեթոդի վրա, որը թույլ է տալիս բարձրացնել նախասրահչրոման արդյունավետությունը:

Աստիճանագրված մեթոդի արդյունավետությունը ցուցադրված է հարթ բառոզակ շոդակապային մեխանիզմի նախասրահչրոման օրինակով: Կատարված է նախասրահչրոման տարբեր եղանակների համեմատական վերլուծություն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Турбин Б. И., Корнеев А. А., Лермонд Э. Л. Возможности уравновешивания сил инерции в механизмах с гибкими органами // Теория механизмов и машин: Сб. научн.-мет. ст. — М., 1978. Вып. 7. — С. 67—90.
2. Беркова Л. В. Сравнительный анализ реакций в кинематических парах механизма шарнирного четырехзвенника для различных схем уравновешивания // Механика машин. — М.: Наука, 1977. — С. 61—70.
3. Denno K. S. Complete force and moment balancing of inline four-bar linkages // Mech. and Mach. Theory. — 1973. — V. 8. — P. 397—410.
4. Гурьянов Я. Э. О применении методов Чебышева к задаче уравновешивания механизмов. — М.—Л.: Гостехиздат, 1948. — 148 с.
5. Шенгелякян В. А. Уравновешивание центральных кривошипноползунных механизмов // Теория и практика уравновешивания машин и приборов. — М.: Машиностроение, 1970. — С. 279—291.
6. Беркова Л. В. Теория оптимизации неуравновешенного момента в шарнирном четырехзвеннике с уравновешивающими силами инерции // Конструирование. — 1971. — № 1. — С. 49—56.
7. Шенгелякян В. А. Уравновешивание механизмов. — М.: Машиностроение, 1982. — 256 с.