

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Э. Л. ДЖАВАДЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ  
 СКОРОСТИ ПОЛЗУНА КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО  
 МЕХАНИЗМА

Задача определения экстремальных значений скоростей и ускорений ведомого звена механизма и соответствующих им положений механизма встречается при исследовании и проектировании различных механизмов. Например, при уравнивании станов холодной прокатки труб, содержащих большие возвратно-движущиеся массы, необходимо определить положение кривошипно-ползунного механизма при входе клетки, соответствующее максимальной скорости клетки-ползуна [1].

Задача определения максимальных значений аналогов скоростей и соответствующих им положений механизма рассмотрена во многих работах. В [2, 3] при решении поставленной задачи введены два дополнительных параметра, а для определения некоторых параметров получены дополнительные формулы. В [4] получены приближенные формулы для определения экстремальных значений аналогов скорости и ускорения ведомого звена четырехзвенных механизмов. В настоящей статье рассматривается задача определения как положений, соответствующих экстремальным значениям скорости ползуна, так и значений последних.

Обозначим относительные размеры механизма (при  $OA=1$ ) соответственно через  $AB=i$  и  $OC=e_0$ . Тогда из  $\triangle ABD$  (рис. 1) имеем

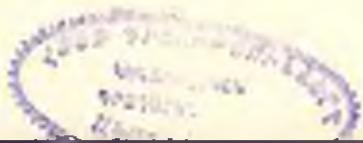
$$m_0 = \sqrt{i^2 - (e_0 + \sin \varphi)^2}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — угол, определяющий положение механизма;  $m_0 = DB$  — переменный параметр механизма.

Найдем значение аналога скорости ползуна  $s_0 = \frac{v_B}{\omega_1}$ , отнесенное к длине кривошипа. Из условия  $\triangle BbC \sim \triangle BAD$  имеем  $(OC + Ob) : (CD + DB) = AD : DB$ , или, подставляя значения  $Ob = s'$ ,  $CD = -\cos \varphi$  и  $AD = e_0 + \sin \varphi$ , получим

$$s_0 = \sin \varphi + \frac{e_0 + \sin \varphi}{m_0} \cos \varphi. \quad (2)$$

Дифференцируя выражение (2) по углу поворота кривошипа, получим значение аналога ускорения ползуна



$$s_0' = \frac{m_0^2 \cos \varphi + m_0 (1 - 2 \sin^2 \varphi - e_0 \sin \varphi) - m_0' (e_0 + \sin \varphi) \cos \varphi}{m_0^2},$$

где

$$m_0' = \frac{dm_0}{d\varphi} = \frac{e_0 + \sin \varphi}{m_0} \cos \varphi. \quad (3)$$

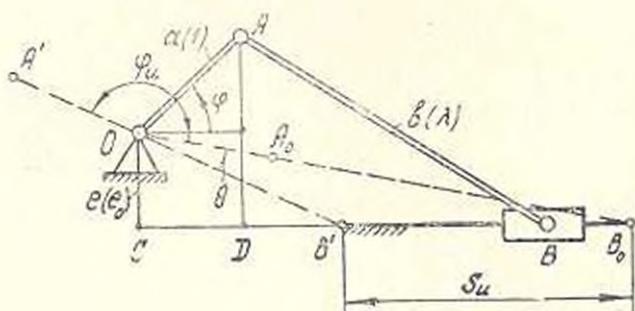


Рис. 1.

Условие  $s_0' = 0$  экстремума функции  $s_0 = s_0(\varphi)$ , после подстановки значений  $m_0$  и  $m_0'$  соответственно из (1) и (3) и преобразований, принимает следующий вид:

$$p_0 \sin^6 \varphi_0 + p_5 \sin^5 \varphi_0 + p_4 \sin^4 \varphi_0 + p_3 \sin^3 \varphi_0 + p_2 \sin^2 \varphi_0 + p_1 \sin \varphi_0 + p_0 = 0, \quad (4)$$

где  $\varphi_0$  — угол поворота кривошипа, при котором  $s_0$  имеет экстремальное значение, а постоянные коэффициенты определяются по формулам:

$$p_0 = i^4(1 - i^2) + e_0^2(e_0^2 - 3i^4 - 3e_0^2 i^2);$$

$$p_1 = 2e_0(3e_0^4 + 2i^4 - 5e_0^2 i^2);$$

$$p_2 = i^4(i^2 - 1) + e_0^2(15e_0^2 + e_0^2 i^2 - 2i^4 - 12i^2);$$

$$p_3 = 2e_0(10e_0^2 - e_0^2 i^2 - i^4 - 3i^2);$$

$$p_4 = i^2(i^2 - 1) + 15e_0^2;$$

$$p_5 = 2e_0(3 - i^2);$$

$$p_6 = 1 - i^2.$$

Для центрального механизма  $e_0 = 0$  и уравнение (4) принимает вид

$$\sin^6 \varphi_0 - i^2 \sin^4 \varphi_0 - i^4 \sin^2 \varphi_0 + i^4 = 0,$$

и определение значения угла  $\varphi_0$  сводится к решению кубического уравнения относительно  $\sin^2 \varphi_0$ . После определения значений углов экстремальные значения аналога скорости ползуна при длине криво-

шина  $OA = a$ , шатуна  $AB = b$  и смещении  $OC = e$  (рис. 1) определяются по формуле

$$S'_v = a \left( \sin \varphi_0 + \frac{e + a \sin \varphi_0}{\sqrt{b^2 - (e + a \sin \varphi_0)^2}} \cos \varphi_0 \right), \quad (5)$$

полученной из (2) и (1) для абсолютных размеров механизма.

Экстремальные значения безразмерного коэффициента скорости ползуна можно определить по формуле [5]

$$\lambda_s = S'_v \frac{z_u}{S_u}, \quad (6)$$

где  $S_u$  — полное перемещение ползуна, а  $\varphi_u$  — соответствующий ему угол поворота кривошипа; их значения определяются по формулам:

$$\begin{aligned} S_u &= \sqrt{(b+a)^2 - e^2} - \sqrt{(b-a)^2 - e^2}; \\ \varphi_u &= \pi - \arccos \frac{2(b^2 + a^2) - S_u^2}{2(b^2 - a^2)}, \end{aligned} \quad (7)$$

полученным из  $\triangle OB_0C$ ,  $\triangle OVB_0C'$  и  $\triangle OVB_0B'$ . Нижний знак соответствует случаю, когда коэффициент изменения средней скорости ползуна меньше единицы.

Полученные уравнения (4)–(7) могут быть решены на ЭВМ для составления справочных карт. Результаты решения указанных уравнений при  $e_0 = 0$ ,  $a = 1$  для различных значений  $\lambda$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

$\lambda$	$\varphi'$	$S'_v$	$\lambda_s$
1.75	65°59'47"	1.1624840	1.8260135
2.00	67°41'50"	1.1232079	1.7751467
2.25	69°17'11"	1.0970293	1.7232689
2.50	70°43'48"	1.0785481	1.6940459
2.75	72°01'01"	1.0649548	1.6722682
3.00	73°10'50"	1.0546395	1.6555548
3.25	74°12'37"	1.0466149	1.6443281
3.50	75°08'20"	1.0402441	1.6332362
3.75	75°58'02"	1.0350989	1.6234271
4.00	76°43'01"	1.0308827	1.6185005
4.25	77°23'58"	1.0273837	1.6134233
4.50	78°00'54"	1.0244476	1.6090079
4.75	78°35'09"	1.0219597	1.6070124
5.00	79°06'02"	1.0198331	1.6023044
5.25	79°31'14"	1.0180009	1.5992682
5.50	80°00'25"	1.0164112	1.5973291
5.75	80°24'35"	1.0150231	1.5934570
6.00	80°46'45"	1.0138038	1.5912461

## Է. Լ. ԶԱՎԵՐԱՆ

ՇՈՒՄՏՎՈՒԿ-ՈՐՈՆԱԿՈՅԻՆ, ՄԵՆԱՆԶՄԻ ՈՐՈՆԱԿԻ ԱՐԱԿՈՒԹՅԱՆ  
ԷՔՍՏՐԵՄԱԼ ԱՐՁԵՔՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

## Ա մ փ ո ղ ո ս մ

Հոդվածում շարադրված է հարթ շուտովիկա-սողնակային մեխանիզմի սողնակի արագություն էրատրեմալ արժեքների և տանող շուտովիկի համապատասխան դիրքերի որոշման անալիտիկ եղանակը: Առաջարկված եղանակը հարավորություն է ապրիս ցանկացած ճշտությամբ որոշել սողնակի արագության էրատրեմալ արժեքներին համապատասխանող դիրքերը:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гриншпун М. И., Соколовский В. И. Станы холодной прокатки труб. Теория, расчет и конструирование. Изд. «Машиностроение», М., 1967.
2. Sicker K. Berechnung der Getriebehaben von Schubkurbeln und Kurbelschleifen für die Extremwerte des Übersetzungsverhältnisses. „Feinwerktechnik“, 1961, 70, №7.
3. Sicker K. Berechnung der Gelenkvierecks-Lagen für die Extremwerte des Übersetzungsverhältnisses. „Feinwerktechnik“, 1966, 70, № 2.
4. Лжюны Э. А. Максимальные скорости и ускорения шарнирно-рычажных механизмов. «Машиностроение», № 2, 1965.
5. Левицкий И. И. Кулачковые механизмы. Изд. «Машиностроение», М., 1964.