

УДК 681.3.069

**КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА
ПРОКЛАДЫВАНИЯ УТКА МОДЕРНИЗИРОВАННОГО
МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА DM-2000-M**

А.А. ТУВИН, Р.В. ШЛЯПУГИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Одна из проблем, стоящих сейчас перед отечественной промышленностью, заключается в модернизации имеющегося парка оборудования.

Для решения задачи модернизации рапирного металлотацкого станка, предназначенного для выработки тканой сетки из металлической проволоки, служащей для

классификации сыпучих веществ по размерам частиц, фильтрации газов и жидкостей, обезвоживании, сушки влажных материалов (материал проволоки – сталь, цветные металлы и сплавы на их основе), заключающейся в замене челночного способа прокладывания утка на рапирный, проведен кинематический анализ механизма прокладывания утка. Модернизированный механизм должен обеспечить перемещение рапиры на требуемое расстояние, а также согласованную работу совместно с батанным механизмом.

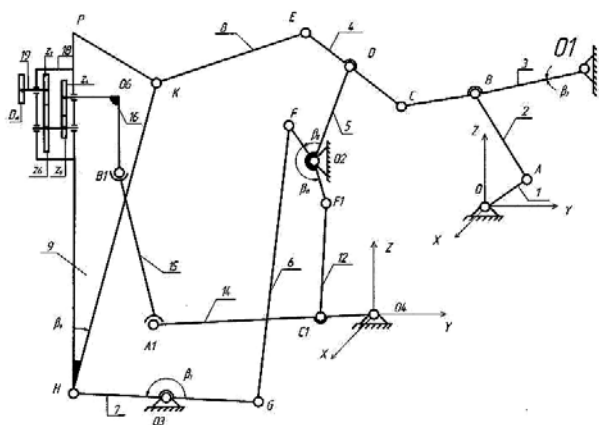


Рис. 1

Общий вид механизма привода одной гибкой рапиры, установленного на батане станка DM-2000-M, представлен на рис.1 [1]. Структурный анализ показывает, что данный рычажный механизм состоит из пяти групп Ассур II-го класса 1-го вида и пространственной диады (15,16). Решение задачи о кинематическом анализе стандартных групп Ассур рассматривается, например, в [2] и, кроме того, может осуществляться с помощью оригинальных подпрограмм для ЭВМ [3].

Более сложной задачей является кинематический анализ пространственной диады (рис.2). Подобная задача рассматривалась ранее в [4]. Однако в рассматриваемом механизме, в отличие от решенного, опора O_6 звена 16 движется вместе с лопастью батана 9, что осложняет решение задачи.

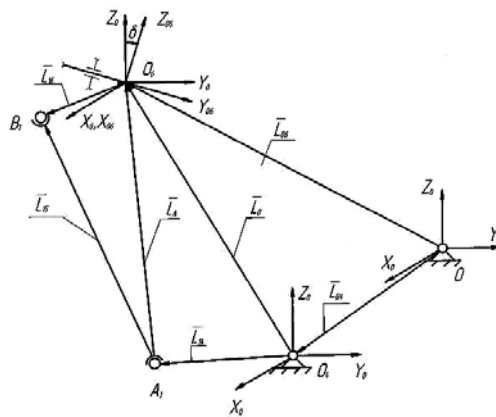


Рис. 2

Рассмотрим замкнутый векторный контур $OO_4A_1O_6O$ (рис. 2):

$$L_{O_4} \vec{e}_{O_4} + L_{14} \vec{e}_{14} + L_A \vec{e}_A - L_0 \vec{e}_0 = 0, \quad (1)$$

где $\vec{e}_{O_4} = (\vec{j}y_{O_4} + \vec{k}z_{O_4})$; $\vec{e}_{14} = (\vec{j} \sin \varphi_{14} + \vec{k} \cos \varphi_{14})$; $\vec{e}_A = (\vec{i}x_A + \vec{j}y_A + \vec{k}z_A)$; $\vec{e}_{O_6} = (\vec{i}x_{O_6} + \vec{j}y_{O_6} + \vec{k}z_{O_6})$.

Последовательно домножая выражение (1) скалярно на векторы $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$, получим:

$$\left. \begin{aligned} X_A &= X_{O_6}, \\ Y_A &= Y_{O_6} - L_{14} \sin \varphi_{14} - Y_{O_4}, \\ Z_A &= Z_{O_6} - L_{14} \cos \varphi_{14} - Z_{O_4}. \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

Тогда

$$L_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}.$$

Продифференцируем дважды выражение (2) по углу поворота кривошипа φ_{14} :

$$\left. \begin{aligned} X'_A &= 0, \\ Y'_A &= Y'_{O_6} - L_{14} \cos(\varphi_{14}) \varphi'_{14}, \\ Z'_A &= Z'_{O_6} + L_{14} \sin(\varphi_{14}) \varphi'_{14}, \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} X''_A &= 0, \\ Y''_A &= Y''_{O_6} + L_{14} \sin(\varphi_{14}) \varphi'^2_{14} - L_{14} \cos(\varphi_{14}) \varphi''_{14}, \\ Z''_A &= Z''_{O_6} + L_{14} \cos(\varphi_{14}) \varphi'^2_{14} + L_{14} \sin(\varphi_{14}) \varphi''_{14}. \end{aligned} \right\}$$

Рассмотрим замкнутый векторный контур $A_1B_1O_6A_1$:

$$L_A \vec{e}_A + L_{16} \vec{e}_{16} - L_{15} \vec{e}_{15} = 0, \quad (3)$$

где $\vec{e}_{15} = (\vec{i}x_{15} + \vec{j}y_{15} + \vec{k}z_{15})$;

$$\vec{e}_{16} = (\vec{i} \sin \varphi_{16} + \vec{j} \cos \varphi_{16} \sin \delta + \vec{k} \cos \varphi_{16} \cos \delta);$$

$$\vec{e}_A = (\vec{i}x_A + \vec{j}y_A + \vec{k}z_A),$$

где δ – угловая координата, определяющая положение подвижной системы координат

$$U = 0,5(L_{16}^2 + L_A^2 - L_{15}^2)/L_{16};$$

$$(\vec{i}X_A + \vec{j}Y_A + \vec{k}Z_A)(\vec{i} \sin \varphi_{16} + \vec{j} \cos \varphi_{16} \sin \delta + \vec{k} \cos \varphi_{16} \cos \delta) = U;$$

$$X_A \sin \varphi_{16} + \cos \varphi_{16} (Y_A \sin \delta + Z_A \cos \delta) = U.$$

Пусть $a = Y_A \sin \delta + Z_A \cos \delta$ и $\text{tg} \gamma = \frac{X_A}{a}$. Отсюда $\gamma = \arctg \frac{X_A}{a}$.

Тогда

$$\cos(\varphi_{16} - \gamma) = \frac{U \cos \gamma}{a},$$

$$\varphi_{16} = \gamma + \arccos\left(\frac{U \cos \gamma}{a}\right) + k\pi. \quad (4)$$

Продифференцируем выражение (4) по углу поворота главного вала:

$$\varphi'_{16} = -\frac{M'}{\sqrt{1-M^2}} + \gamma', \quad (5)$$

$$\varphi''_{16} = -\frac{M''\sqrt{1-M^2} - (M')^2/(2\sqrt{1-M^2})}{1-M^2} + \gamma''.$$

$$\gamma'' = \frac{c_2(1-c^2) - 2cc_1^2}{(1-c^2)^2}, \quad c_2 = c'' = \frac{X_A(a_2a + 2a_1^2)}{a^3},$$

$$a_2 = a'' = \varphi''_9(Z_A \sin \delta - Y_A \cos \delta) - \varphi'_9(Z'_A \sin \delta - Z_A \cos \delta - Y'_A \cos \delta - Y_A \sin \delta) + Z''_A \cos \delta - Z'_A \sin \delta + Y''_A \sin \delta - Y'_A \cos \delta.$$

$$M'' = \frac{[(s_1 + p_1)a - (s + p)a_1 - r_1]a - [(s + p)a - r]2a_1}{a^3}.$$

$$s = U' \cos \delta, \quad s_1 = s' = U'' \cos \delta + U'\gamma' \sin \gamma,$$

$$p = U\gamma' \sin \gamma, \quad p_1 = p' = \gamma'(U' \sin \gamma - U\gamma' \cos \gamma),$$

$X_{O_6}Y_{O_6}$, связанной с лопастью батана 9 (рис.2): $\delta = \pi/2 - (\varphi_9 + \beta_{O_6})$.

Возведем выражение (3) в скалярный квадрат:

$$L_{15}^2 = L_A^2 + L_{16}^2 + 2L_A L_{16} \vec{e}_{16} \vec{e}_A,$$

$$L_A \vec{e}_{16} \vec{e}_A = \frac{L_{15}^2 - L_A^2 - L_{16}^2}{2L_{16}}.$$

Обозначим:

$$\text{где } M = \frac{U \cos \gamma}{a}; \quad \gamma' = \frac{c_1}{1-c^2}; \quad c = \frac{X_A}{a};$$

$$c_1 = c' = -\frac{X_A a_1}{a^2};$$

$$a_1 = a' = \varphi'_9(Z_A \sin \delta - Y_A \cos \delta) + Y'_A \sin \delta + Z'_A \cos \delta;$$

$$M' = \frac{(U' \cos \gamma + U\gamma' \sin \gamma)a - a_1 U \cos \gamma}{a^2},$$

$$U' = \frac{Y_A Y'_A + Z_A Z'_A}{L_{16}}.$$

Продифференцируем выражение (5) по углу поворота главного вала:

$$r = Ua_1 \cos \gamma, \quad r_1 = r' = a_1(s+p) - a_2 U \cos \gamma,$$

$$U'' = \frac{(Y'_A)^2 + (Z'_A)^2 + Y_A Y''_A + Z_A Z''_A}{L_{16}}.$$

Кинематические параметры рапиры определяются следующим образом:

$$S_p = 0,5\varphi_{16} U_1 D_{3B},$$

где S_p – перемещение рапиры; U_1 – передаточное число мультипликатора; D_{3B} – делительный диаметр приводной звездочки (рис.1).

$$U_1 = \frac{Z_4 Z_6}{Z_5 Z_7},$$

где Z_4, Z_5, Z_6, Z_7 – числа зубьев соответствующих зубчатых колес мультипликатора (рис.1).

$$V_p = 0,5D_{3B} U_1 \varphi'_{16} \omega_1,$$

где V_p – скорость перемещения рапиры; ω_1 – угловая скорость кривошипа (звена 1).

$$A_p = 0,5D_{3B} U \varphi''_{16} \omega_1^2,$$

где A_p – ускорение рапиры.

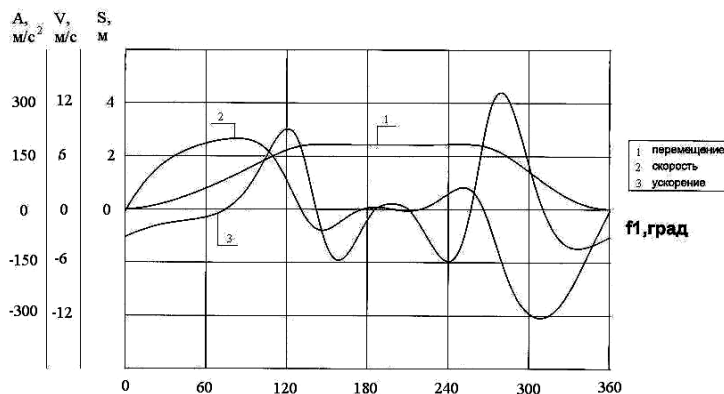


Рис. 3

Результаты расчета приведены на рис.3, на котором представлены зависимости перемещения, скорости и ускорения рапиры от угла поворота звена 1 при следующих

значениях параметров механизма (линейные размеры приведены в метрах, угловые – в градусах):

$OA = 0,11; AB = 0,22; O_1B = 0,467; O_1C = 0,63; CD = 0,14; O_2D = 0,217; O_2F = 0,093;$
 $CE = 0,26; FG = 0,738; O_3G = 0,15; O_3H = 0,150; EK = 0,34; HK = 0,8208; HP = 0,871; O_2F_1$
 $= 0,093; F_1C_1 = 0,36; O_4C_1 = 0,1; O_4A_1 = 0,44; A_1B_1 = 0,52; O_6B_1 = 0,145; Y_{O_1} = 0,4356;$
 $Z_{O_1} = 0,324; Y_{O_2} = -0,375; Z_{O_2} = 0,098; Y_{O_3} = -0,6905; Z_{O_3} = -0,5385; Y_{O_4} = -0,244;$
 $Z_{O_4} = -0,345; X_{O_6} = -0,14; \beta_3 = 0; \beta_5 = 56; \beta_7 = 180; \beta_9 = 10,237; \beta_{11} = 161; \beta_{O_6} = 1,8; Z_4 = 120;$
 $Z_5 = 30; Z_6 = 26; Z_7 = 104; D_{3B} = 0,248; \omega_1 = 60 \text{ мин}^{-1}.$

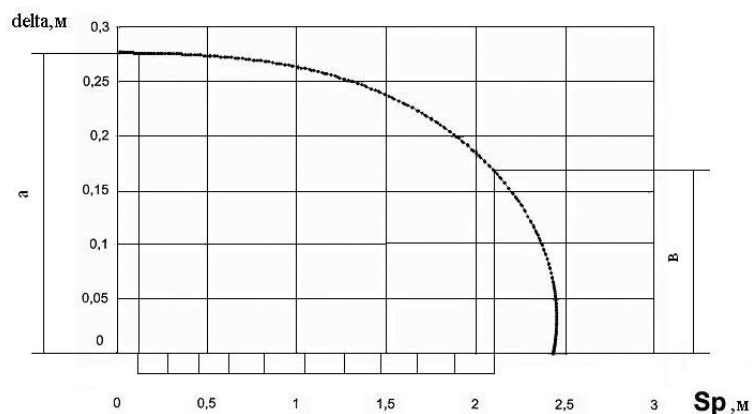


Рис. 4

Из рис. 4, где представлен график изменения расстояния между бердом и опушкой ткани в горизонтальной плоскости в зависимости от перемещения рапиры, следует, что путем варьирования геометрическими параметрами (O_3G , β_5 , β_{11} , B_1O_6 , A_1B_1 , FG) механизмов прибора и прокладывания утка обеспечена их согласованная работа, поскольку при входе рапиры в зев и выходе из него обеспечивается зазор "а" и "в" между бердом и опушкой ткани достаточной величины для продвижения головки рапиры.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика аналитического расчета кинематических параметров механизма привода рапиры модернизированного металлотацкого станка DM-2000-М.
2. Составлена программа кинематического расчета механизма привода рапиры, с помощью которой за счет варьирования

геометрическими параметрами механизма обеспечена согласованная работа механизмов прибора и прокладывания утка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на полезную модель 54951 РФ. Устройство для прокладывания уточной проволоки на металлотацком станке / А.В.Гущин, А.А. Тувин, Р.В. Шляпугин. – Оpubл. 2006. Бюл №21.
2. *Зиновьев Вяч. А.* Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1972.
3. Свидетельство об отраслевой регистрации Программы автоматизированного расчета кинематических параметров стержневых механизмов текстильных машин «АРМТМ» № 5219 в Отраслевом Фонде Алгоритмов и Программ.
4. *Тувин А.А., Смирнов А.Н., Андриянов В.М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, №4. С 94...99.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 12.12.06.