

Умарова З.М

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Z.M. Umarova

KINEMATICS DESCRIPTIONS OF MECHANISM OF MOVING OF MATERIAL

УДК: 621.01.

В статье рассмотрены вопросы применения механизма перемещения материала. Изучены особенности устройства механизма с упругим накопителем энергии в виде замкнутой кинематической цепи.

The questions of application of mechanism of moving of material are considered in the article. The features of device of mechanism are studied with the resilient store of energy as the reserved kinematics chain.

Рекомендуемый механизм перемещения материала снабжен накопителем энергии в виде конической пружины который действует при горизонтальном перемещении рейки и механизм выполнен в виде замкнутой кинематической цепи.

Из расчетной схемы (см. рис.1.) видно, что для использования замкнутых векторных контуров выделены треугольники ABD, BCD, ANH, MNH. При этом следует определить аналитические выражения для определения углов положение кривошипов, шатунов и коромысла, а также положения точек E, K, F. При этом необходимо определить  $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_9, \varphi_{10}$ .

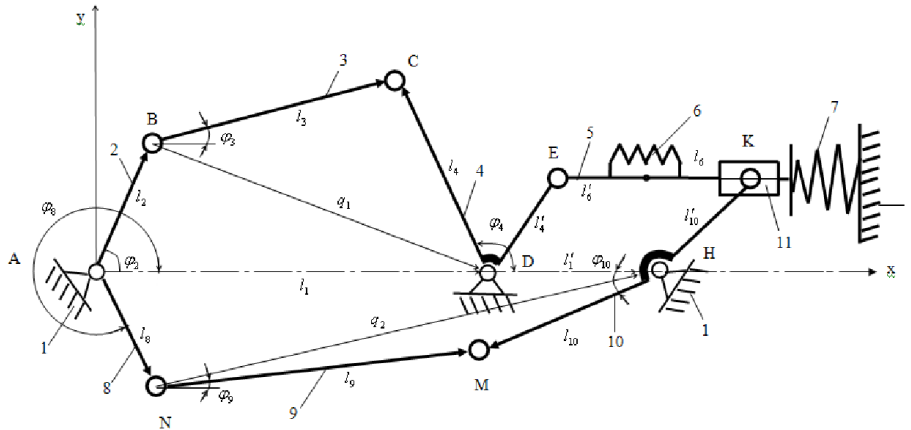


Рис.1. Кинематическая схема механизма перемещения материала швейной машины.

Для этого воспользуемся методикой приведённой в работах [1,2,3]. Для рассматриваемых векторных контуров получим следующие векторные уравнения:

$$\begin{aligned} \bar{l}_2 + \bar{q}_1 &= \bar{l}_1; \quad \bar{l}_3 + \bar{q}_1 = \bar{l}_4; \\ \bar{l}_8 + \bar{q}_2 &= \bar{l}_1 + \bar{l}_1; \quad \bar{l}_9 + \bar{q}_2 = \bar{l}_{10}; \end{aligned} \quad (1)$$

где,  $\bar{q}_1, \bar{q}_2$  переменные по модулю векторы, определяющие положения точек B, N, D, H. Полученные векторные уравнения (1) спроектируем на координатные оси X и Y:

$$\begin{aligned} l_2 \cos \varphi_2 + q_1 \cos \varphi_{q_1} - l_1 &= 0; \\ l_3 \cos \varphi_3 + q_1 \cos \varphi_{q_1} - l_4 \cos \varphi_4 &= 0; \\ l_8 \cos \varphi_8 + q_2 \cos \varphi_{q_2} - l_1 - l'_1 &= 0; \\ l_9 \cos \varphi_9 + q_2 \cos \varphi_{q_2} - l_{10} \cos \varphi_{10} &= 0; \end{aligned} \quad (2)$$

$$l_2 \sin \varphi_2 + q_1 \sin \varphi_{q_1} = 0;$$

$$l_3 \sin \varphi_3 + q_1 \sin \varphi_{q_1} + l_4 \sin \varphi_4 = 0;$$

$$-l_8 \sin \varphi_8 + q_2 \sin \varphi_{q_2} = 0;$$

$$l_9 \sin \varphi_9 + q_2 \sin \varphi_{q_2} - l_{10} \sin \varphi_{10} = 0;$$

где,  $\varphi_1, \varphi_{q_1}, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_8, \varphi_{q_2}, \varphi_9, \varphi_{10}$  - углы между осью X и соответствующих векторов.

Из первого и пятого уравнения можно вычислить:

$$\varphi_q = \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2}$$

Из  $\Delta ABD$  согласно теоремы синусов имеем:

$$q_1 = l_2 \frac{\sin \varphi_2}{\sin q_2} = \frac{l_2 \sin \varphi_2}{\sin \left[ \operatorname{costg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right]}; \quad (3)$$

Из третьего и седьмого уравнений подобным образом получим:

$$\varphi_{q_2} = \operatorname{arctg} \frac{l_8 \sin \varphi_8}{l_1 - l'_1 - l_8 \cos \varphi_8} \quad (4)$$

Если учесть из расчетной схемы  $\varphi_2 = \varphi_8 - \alpha$ , тогда имеем

$$q_2 = \frac{l_8 \sin(\varphi_2 + \alpha)}{\sin \left[ \operatorname{arctg} \frac{l_8 \sin(\varphi_2 + \alpha)}{l_1 - l'_1 - l_8 \cos(\varphi_2 + \alpha)} \right]} \quad (5)$$

Используя теорему косинусов из  $\Delta BCD$  и  $\Delta NHM$  получим следующие выражения:

$$\begin{aligned} l_3^2 &= l_4^2 + q_1^2 - 2l_4q_1 \cos(\widehat{l_4, q_1}); \\ l_4^2 &= l_3^2 + q_1^2 - 2l_3q_1 \cos(\widehat{l_3, q_1}); \\ l_9^2 &= l_{10}^2 + q_2^2 - 2l_{10}q_2 \cos(\widehat{l_{10}, q_2}); \\ l_{10}^2 &= l_9^2 + q_2^2 - 2l_9q_2 \cos(\widehat{l_9, q_2}); \end{aligned} \quad (6)$$

Из полученных выражений (6) определим соответствующие углы:

$$\begin{aligned} \cos(\widehat{l_4, q_1}) &= \frac{l_4^2 + q_1^2 - l_3^2}{2l_4q_1}; \\ \cos(\widehat{l_3, q_1}) &= \frac{l_4^2 + q_1^2 - l_4^2}{2l_3q_1}; \\ \cos(\widehat{l_{10}, q_2}) &= \frac{l_{10}^2 + q_2^2 - l_9^2}{2l_{10}q_2}; \\ \cos(\widehat{l_9, q_2}) &= \frac{l_9^2 + q_2^2 - l_{10}^2}{2l_9q_2}; \end{aligned} \quad (7)$$

При этом законы угловых перемещений шатунов и двуплечих рычагов механизма перемещения материалов швейной машины будут определяются из выражений:

$$\begin{aligned} \varphi_3 &= \varphi_{q_1} + \arccos \frac{l_3^2 + q_1^2 - l_4^2}{2l_3q_1}; \quad \varphi_4 = \varphi_{q_1} + \arccos \frac{l_4^2 + q_1^2 - l_3^2}{2l_4q_1}; \\ \varphi_9 &= \varphi_{q_2} + \arccos \frac{l_9^2 + q_2^2 - l_{10}^2}{2l_9q_2}; \quad \varphi_{10} = \varphi_{q_2} + \arccos \frac{l_{10}^2 + q_2^2 - l_9^2}{2l_{10}q_2}; \end{aligned} \quad (8)$$

Определим значения  $q_1$  и  $q_2$  из  $\Delta ABD$  и  $\Delta NHM$  согласно теоремы косинусов:

$$q_1 = \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - l_1 l_2 \cos \varphi_2}$$

$$q_1 = \sqrt{l_8^2 + (l_1 - l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)} \quad (9)$$

Полученье (9) поставляя в (2.8) получим:

$$\varphi_3 = \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_1 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}{2l_3 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - l_2 l_1 \cos \varphi_2}};$$

$$\varphi_4 = \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{l_4^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_3^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}{2l_4 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - l_2 l_1 \cos \varphi_2}};$$

$$\varphi_9 = \arctg \frac{l_8 \sin(\alpha + \varphi_2)}{l_1 - l_1' - l_8 \cos(\alpha + \varphi_2)} + \arccos \frac{l_9^2 + l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - l_9^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}{2l_9 \sqrt{l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}}; \quad (10)$$

$$\varphi_{10} = \arctg \frac{l_8 \sin(\alpha + \varphi_2)}{l_1 - l_1' - l_8 \cos(\alpha + \varphi_2)} + \arccos \frac{l_{10}^2 + l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - l_{10}^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}{2l_{10} \sqrt{l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}};$$

Беря производные по времени  $\varphi_3, \varphi_4, \varphi_9$  и  $\varphi_{10}$  угловых перемещений шатунов и двуплечих рычагов механизма применения материала швейной машины из полученных выражений (10) находим угловые скорости.

Формула для расчета угловой скорости коромысла:

$$\omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt} = \frac{l_2 \dot{\varphi}_2 \cos \varphi_2 (l_1 - l_2 \cos \varphi_2) - l_2^2 \dot{\varphi}_2 \sin^2 \varphi_2 - 4l_2 l_1 l_3 \dot{\varphi}_2 \cos \varphi_2 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2} - (l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2) \cdot 2l_2 l_1 \dot{\varphi}_2 \sin \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 + 4l_2^2 \sqrt{4l_2^2 + l_1^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}} - \frac{(l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2)^2 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}}{(l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2)^2 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}} \quad (11)$$

Полученные выражения (3), (4), (7) подставляя во второе уравнение определим аналитические выражение для определения закона изменения угловых перемещений двуплечего коромысла и узла перемещения реки механизма перемещения материала в швейной машине:

$$\varphi_4 = \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) + l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \cdot \sin \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right)} \quad 11$$

Беря производность по времени от (2.11) определим закон изменения угловой скорости двуплечего коромысла  $\dot{\varphi}_4$  механизма перемещения материала:

$$\omega_4 = \frac{d\varphi_4}{dt} = \frac{l_2 \cos \varphi_2 \cdot (l_1 - l_2 \cos \varphi_2) - \frac{1}{2} l_2^2 \sin 2\varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2} \cdot \frac{d\varphi_2}{dt} +$$

$$\frac{d\varphi_2}{dt} \left\{ \left[ (l_4^2 - l_3^2) \sin 2 \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) \cdot \frac{l_2 \cos \varphi_2 (l_1 - l_2 \cos \varphi_2) - l_2^2 \sin^2 \varphi_2 + l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2} + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \sqrt{\left[ 2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \cdot \sin \left[ \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right] \right]^2 - \left[ \left( l_4^2 l_3^2 \sin^2 \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} + l_2^2 \sin^2 \varphi \right) \right]^2} \right\}$$

$$\begin{aligned}
 & + l_2^2 \sin 2\varphi_2 \cdot 2l_4l_2 \sin \varphi_2 \cdot \sin \left( \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) - \left[ (l_2^2 - l_3^2) \sin^2 \left( \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 \right] \cdot \\
 & \cdot \left[ 2l_4l_2 \sin \varphi_2 \cdot \sin \left( \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) \right] \\
 & \left\{ 2l_4l_2 \cos \varphi_2 \cdot \sin \left( \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) + 2l_1l_2 \sin \varphi_2 \cdot \frac{l_2 \cos \varphi_2 (l_1 - \cos \varphi_2) - \frac{1}{2} l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2} \right\}
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Для упрощения задачи обозначим слагаемые через

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{l_2 \cos \varphi_2 (l_1 - \cos \varphi_2) - \frac{1}{2} l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2} \\
 B &= \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2}
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

Тогда угловая скорость шатуна и механизма перемещения будет

$$\begin{aligned}
 \omega_4 &= \left\{ A + \frac{[A(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 \cdot 2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta - (l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2 \sin^2 \varphi_2] \cdot}{\sqrt{(2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta)^2 - (l_4^2 l_3^2 \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2)}} \cdot \right. \\
 & \left. \frac{(2l_1l_2 \cos \varphi_2 \sin \beta + 2A2l_1l_2 \sin \varphi_2)}{2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin \beta} \right\} \frac{d\varphi_2}{dt}
 \end{aligned} \tag{14}$$

Учитывая что, двуплечем коромысла и угол между плечами CD и DE равно  $\beta = \angle CDE$ , то линейная скорость точки E определяем из выражения

$$\begin{aligned}
 \varphi_4' &= \varphi_4 + \beta, \quad \frac{d\varphi_4'}{dt} = \frac{d\varphi_4}{dt}; \\
 V_E &= l_4^1 \cdot \omega_4 = l_4^1 \frac{d\varphi_2}{dt} \left\{ A + \frac{[A(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 \cdot 2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta - (l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2 \sin^2 \varphi_2] \cdot}{\sqrt{(2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta)^2 - (l_4^2 l_3^2 \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2)}} \cdot \right. \\
 & \left. \frac{(2l_1l_2 \cos \varphi_2 \sin \beta + 2A2l_1l_2 \sin \varphi_2)}{2l_4l_2 \sin \varphi_2 \sin \beta} \right\}
 \end{aligned} \tag{15}$$

численным режиме задачи (15) можно определить конкретные значения линейной скорости точки E рычага - рейки при перемещении материала в швейных машинах.

#### Литература:

1. И.И.Артоболевский Теория механизмов и машин, М.: -1987.
2. А.Джураев и др. Теория механизмов и машин (учебник) Ташкент, Г.Гулям, 2005 г., 596 с.
3. С.Н.Кожевников Теория механизмов и машин (учебник), Киев, 1983.

**Рецензент: д.т.н., профессор Джураев А.**