

УДК 621.01

DOI 10.21661/r-464908

**З.М. Умарова****МЕХАНИЗМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Аннотация:* в статье приведены кинематическая схема механизма перемещения материала швейной машины и определение закона движения рейки при различных параметрах системы и её уравнение. Так же определение конкретных значений линейной скорости точки E рычага – рейки при перемещении материала в швейных машинах. Разработан механизм с накопителем энергии в виде конической пружины, который действует при горизонтальном перемещении рейки и механизм выполнен в виде замкнутой кинематической цепи.

*Ключевые слова:* рычажный механизм, пружина сжатия, упругая втулка, кинематический анализ, динамика, перемещение материала, главный вал, рейка, траектория, нагруженность, производительность.

**Z.M. Umarova****MECHANISM OF MATERIAL MOVEMENT AND ITS DESCRIPTION**

*Abstract:* the article provides the kinematics chart of mechanism of material movement of sewing machine and determination of law of lath motion at the different parameters of the system and its equalization. It also determines concrete values of linear speed of point E of lever – laths at moving of material in sewing machines. A mechanism is worked out with the storage of energy as a conical spring, that operates at the horizontal moving of lath and a mechanism is executed as the reserved kinematics chain.

*Keywords:* lever mechanism, spring of compression, resilient box, kinematics analysis, dynamics, movement of material, main billow, lath, trajectory, load, productivity.

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  $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_9, \varphi_{10}$ .

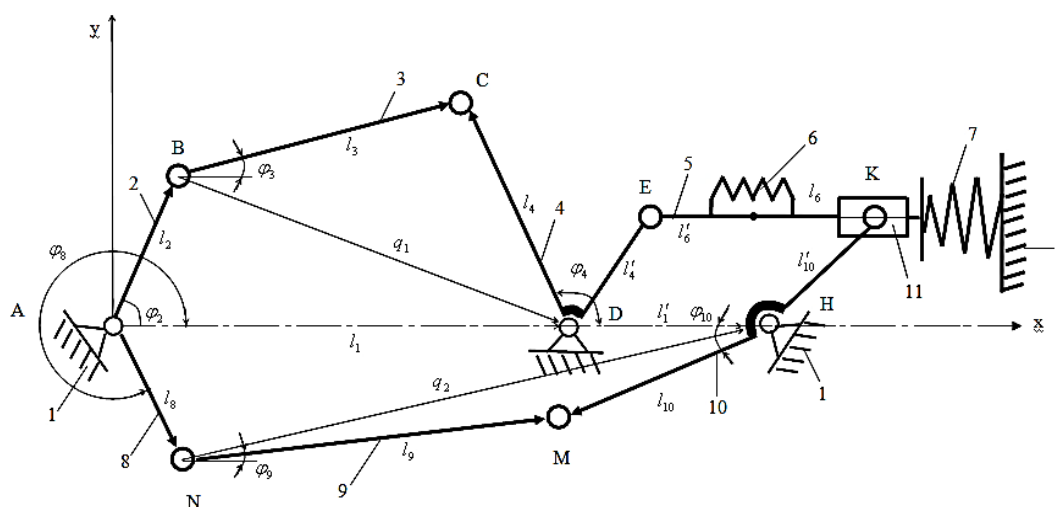


Рис. 1. Кинематическая схема механизма перемещения материала швейной машины

Для этого воспользуемся методикой приведённой в работах [1–3]. 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:

$$\begin{aligned} l_2 \cos \varphi_2 + q_1 \cos \varphi_{q_1} - l_1 &= 0; \\ l_3 \cos \varphi_3 + q_1 \cos \varphi_{q_1} - l_4 \cos \varphi_4 &= 0; \\ l_8 \cos \varphi_8 + q_2 \cos \varphi_{q_2} - l_1 - l'_1 &= 0; \end{aligned}$$

$$l_9 \cos \varphi_9 + q_2 \cos \varphi_{q_2} - l_{10} \cos \varphi_{10} = 0; \quad (2)$$

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

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

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

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

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:

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

Из  $\triangle ABD$  согласно теоремы синусов имеем:

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

Из третьего и седьмого уравнений подобным образом получим:

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

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

$$q_2 = \frac{l_8 \sin(\varphi_2 + \alpha)}{\sin \left[ \arctg \frac{l_8 \sin(\varphi_2 + \alpha)}{l_1 - l'_2 - l_8 \cos(\varphi_2 + \alpha)} \right]} \quad (5)$$

Используя теорему косинусов из  $\triangle BCD$  и  $\triangle NHM$  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:

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

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

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

Определим значения  $q_1$  и  $q_2$  из  $\triangle ABD$  и  $\triangle ANH$  согласно теоремы косинусов:

$$\begin{aligned}q_1 &= \sqrt{l_2^2 + l_2^2 - l_1l_2 \cos \varphi_2} \\ q_1 &= \sqrt{l_8^2 + (l_1 - l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}\end{aligned}\tag{9}$$

Получение (9) поставляя в (2.8) получим:

$$\begin{aligned}\varphi_3 &= \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_1 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2l_1 \cos \varphi_2}{2l_3 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - l_2l_1 \cos \varphi_2}}; \\ \varphi_4 &= \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{l_4^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_3^2 - 2l_2l_1 \cos \varphi_2}{2l_4 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - l_2l_1 \cos \varphi_2}}; \\ \varphi_9 &= \arctg \frac{l_8 \sin(\alpha + \varphi_2)}{l_1 - l_1' - l_8 \cos(\alpha + \varphi_2)} + \arccos \frac{l_9^2 + l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - l_9^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}{2l_9 \sqrt{l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}}; \tag{10} \\ \varphi_{10} &= \arctg \frac{l_8 \sin(\alpha + \varphi_2)}{l_1 - l_1' - l_8 \cos(\alpha + \varphi_2)} + \arccos \frac{l_{10}^2 + l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - l_{10}^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}{2l_{10} \sqrt{l_8^2 + (l_1 + l_1')^2 - 2l_8(l_1 + l_1') \cos(\alpha + \varphi_2)}};\end{aligned}$$

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:

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

$$\frac{-\left(l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2\right) \cdot 2l_2 l_1 \dot{\varphi}_2 \sin \varphi_2}{-\left(l_3^2 + l_2^2 + l_1^2 - l_4^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2\right)^2 \sqrt{l_2^2 + l_1^2 - 2l_2 l_1 \cos \varphi_2}}$$

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

$$\varphi_4 = \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} + \arccos \frac{(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) + l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \cdot \sin \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right)} \quad 12$$

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

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

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

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

$$\left\{ \left( 2l_4 l_2 \cos \varphi_2 \cdot \sin \left( \arctg \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \right) + 2l_1 l_2 \sin \varphi_2 \cdot \frac{l_2 \cos \varphi_2 (l_1 - \cos \varphi_2) - \frac{1}{2} l_2^2 \sin^2 \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2} \right) \right\} \quad (2.12)$$

Для упрощения задачи обозначим слагаемые через

$$A = \frac{l_2 \cos \varphi_2 (l_1 - \cos \varphi_2) - \frac{1}{2} l_2^2 \sin \varphi_2}{(l_1 - l_2 \cos \varphi_2)^2 - l_2^2 \sin^2 \varphi_2}$$

$$B = \operatorname{arctg} \frac{l_2 \sin \varphi_2}{l_1 - l_2 \cos \varphi_2} \quad (2.13)$$

Тогда угловая скорость шатуна и механизма перемещения будет

$$\omega_4 = \left\{ A + \frac{[A(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 \cdot 2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta - (l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2 \sin^2 \varphi_2]}{\sqrt{(2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta)^2 - (l_4^2 l_3^2 \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2)}} \cdot \frac{(2l_1 l_2 \cos \varphi_2 \sin \beta + 2A 2l_1 l_2 \sin \varphi_2)}{2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin \beta} \right\} \frac{d\varphi_2}{dt} \quad (14)$$

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

$$\varphi_4' = \varphi_4 + \beta, \quad \frac{d\varphi_4'}{dt} = \frac{d\varphi_4}{dt};$$

$$V_E = l_4^1 \cdot \omega_4 = l_4^1 \frac{d\varphi_2}{dt} \left\{ A + \frac{[A(l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2 \cdot 2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta - (l_4^2 - l_3^2) \sin^2 \beta + l_2 \sin^2 \varphi_2]}{\sqrt{(2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin 2\beta)^2 - (l_4^2 l_3^2 \sin^2 \beta + l_2^2 \sin^2 \varphi_2)}} \cdot \frac{(2l_1 l_2 \cos \varphi_2 \sin \beta + 2A 2l_1 l_2 \sin \varphi_2)}{2l_4 l_2 \sin \varphi_2 \sin \beta} \right\} \quad (15)$$

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

### Список литературы

1. Коваленко В.В. Механизм двигателя ткани. Авторское свидетельство №924196-БИ / В.В. Коваленко / И.В. Лопандин. – 1982. – №13.
2. Умарова З.М. Механизм перемещения материала швейной машины. Малый патент 1500909, Бюлл. № ТЖ 679 / З.М. Умарова [и др.]. – 2015.

**Умарова Зухрохон Мирзотурабовна** – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры дизайна и архитектуры Политехнического института Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, Республика Таджикистан, Худжанд.

**Umarova Zuhroh Mirzoturabovna** – candidate of technical science, senior lecturer in Design and Architecture at Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after academician M. Osimi, Republic of Tajikistan, Khujand.

---