

УДК 677.053.2

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ
РЕМИЗНОГО ДВИЖЕНИЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ СТБ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

А.В. ГРИГОРЬЕВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Е.В. ГРИГОРЬЕВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Механизм ремизного движения (МРД) представляет собой упругую механическую систему, образованную звеньями механизма и нитями основы [1, 2].

В связи с этим представляется интересным привлечение аналитических методов, дополняющих кинестатический анализ в части процессов, обусловленных параметрами рабочего цикла, требующих учета дополнительных характеристик элементов системы МРД, в частности, их упругих свойств. Одним из таких методов является метод на основе теории механических цепей [3].

В основе механических цепей лежит системный подход в приложении к механическим линейным системам в форме схемотехники [4]. Свойства каждого звена (масса, упругость) системы представляются в виде пространственно-сосредоточенных параметров [3], [4], отображаемых в механической цепи двухполюсниками, определяющими структуру звена. При этом все процессы рассматриваются в характерные моменты рабочего цикла на малых перемещениях.

Такой подход к механическим системам позволяет рассматривать их возмущенное состояние и проводить оценку динамического поведения цикловых систем по условиям процесса выхода из выстоя без введения в расчет сил инерции и моментов сил инерции звеньев. В частности, использование данного метода позволяет, по сравнению с методами, дающими решения в виде системы дифференциальных уравнений, получать расчетные зависимости для комплексных амплитуд в алгеб-

раической форме.

При этом появляется возможность получения аналитических зависимостей для плоских многозвенных стержневых систем, в структуре которых отдельные группы звеньев перемещаются в различных направлениях, что свойственно для механизма ремизного движения ткацких станков СТБ.

В рамках схемотехнического подхода [3] в качестве обобщенных координат приняты разности скоростей v полюсов двухполюсника и сила Q , действующая в нем, которые, в зависимости от вида возбуждающего воздействия (силового или кинематического), связаны одним из основных уравнений двухполюсника:

$$S = \frac{Q}{v} \quad \text{— комплексная силовая характеристика (силовое возбуждение),}$$

$$K = \frac{v}{Q} \quad \text{— комплексная кинематическая характеристика (кинематическое возбуждение).}$$

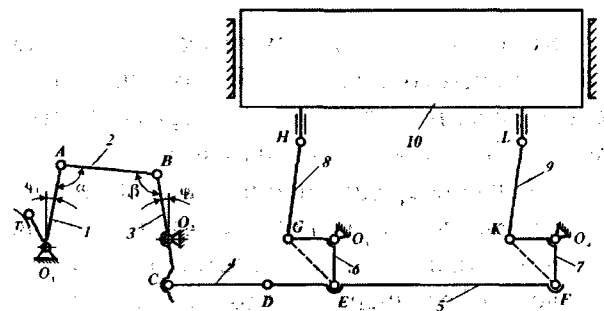


Рис.1

Механизм ремизного движения ткацкого станка СТБ, схема которого показана на рис. 1, представляет многосвязную шарнирно-стержневую механическую систему, ведущим звеном которой является выходной рычаг O_1A привода устройства зевобразования.

Массово-геометрическая оценка звеньев механизма [5] показывает, что наиболее склонными к проявлению упругих свойств являются два звена механизма: CD (4) и DEF (5), поэтому для этих звеньев помимо сосредоточенного параметра масса m вводится сосредоточенный параметр упругость k .

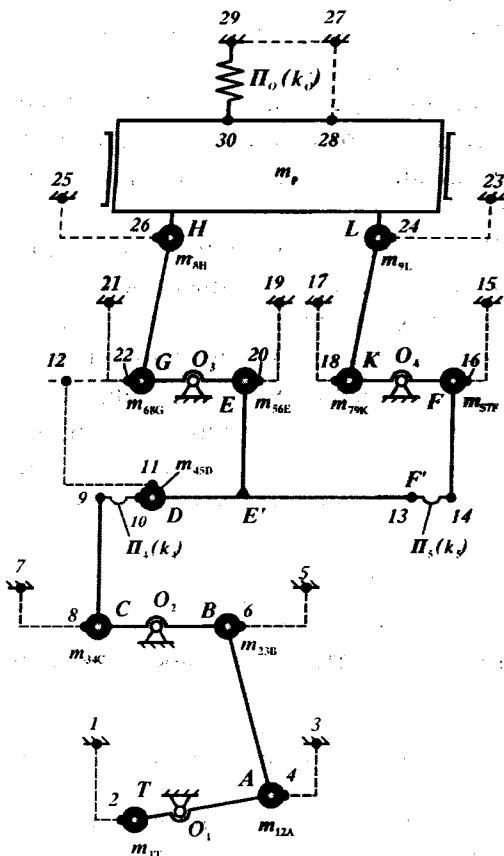


Рис. 2

Конструктивно-динамическая схема МРД ткацкого станка СТБ для динамического анализа на малых перемещениях может быть представлена, как показано на рис. 2, где сосредоточенные массы m , размещенные в местах положения шарниров, имеют нижний индекс, состоящий из числового обозначения сопрягаемых звеньев и буквенного обозначения точки сосредо-

точения параметра.

Сами кинематические связи в соответствии с концепцией идеализации [2] рассматриваются жесткими и невесомыми.

Нити основы отображены символом пружины Π_0 , упругие свойства звеньев CD и DEF соответственно – символом пружины Π_4 и Π_5 . Полуса сосредоточенных параметров обозначены числами.

Поскольку в моменты перехода от фазы выстоя к фазе перемещения и, наоборот, механизм находится в условиях кинематического возбуждения, все зависимости получены в форме комплексных кинематических характеристик.

Исходя из правил построения механических цепей [3], определяющих взаимное положение двухполосников в механической цепи в зависимости от относительных скоростей (или перемещений) полюсов, получена механическая цепь для случая кинематического возбуждения. Механическая цепь МРД ткацкого станка СТБ изображена на рис. 3.

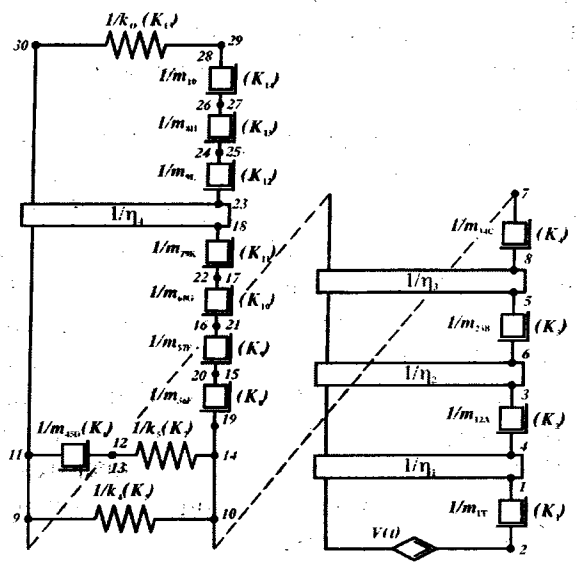


Рис. 3

При приложении возбуждающего воздействия с амплитудным значением скорости V_0 будут иметь место следующие уравнения двухполосников в зависимости от вида сосредоточенного параметра в форме частных комплексных кинематических характеристик (ЧККХ):

$$\begin{aligned}
\text{масса } m_{1T} = m_1 : & \quad K_1 = -j \frac{1}{\omega m_1}; \\
\text{масса } m_{12A} = m_2 : & \quad K_2 = -j \frac{1}{\omega m_2 \eta_1^2}; \\
\text{масса } m_{23B} = m_3 : & \quad K_3 = -j \frac{1}{\omega m_3 \eta_1^2 \eta_2}; \\
\text{масса } m_{34C} = m_4 : & \quad K_4 = -j \frac{1}{\omega m_4 \eta_1^2 \eta_2^2 \eta_3^2}; \\
\text{упругость } k_4 : & \quad K_5 = j \frac{\omega}{k_4 \eta_1^2 \eta_2^2 \eta_3^2}; \\
\text{масса } m_{45D} = m_5 : & \quad K_6 = -j \frac{1}{\omega m_5}; \\
\text{упругость } k_5 : & \quad K_7 = j \frac{\omega}{k_5}; \\
\text{масса } m_{56E} = m_6 : & \quad K_8 = -j \frac{1}{\omega m_6}; \\
\text{масса } m_{57F} = m_7 : & \quad K_9 = -j \frac{1}{\omega m_7}; \\
\text{масса } m_{68G} = m_8 : & \quad K_{10} = -j \frac{1}{\omega m_8}; \\
\text{масса } m_{79K} = m_9 : & \quad K_{11} = -j \frac{1}{\omega m_9 \eta_4}; \\
\text{масса } m_{9L} = m_{10} : & \quad K_{12} = -j \frac{1}{\omega m_{10} \eta_4}; \\
\text{масса } m_{8H} = m_{11} : & \quad K_{13} = -j \frac{1}{\omega m_{11}}; \\
\text{масса } m_P = m_{12} : & \quad K_{14} = -j \frac{1}{\omega m_{12} \eta_4}; \\
\text{упругость } k_0 : & \quad K_{15} = j \frac{\omega}{k_0 \eta_4}.
\end{aligned}$$

Здесь m_P – масса ремизки.

$$K = K_{1-4} + K_{5-15} = K_{1-4} + \frac{K_{5-7} (K_{8-11} + K_{12-14} + K_{15})}{K_{5-7} + K_{8-11} + K_{12-14} + K_{15}}. \quad (1)$$

Для последовательной схемы соединения двухполосников, соответствующих массам m_{10} , m_{11} , m_{12} и m_6 , m_7 , m_8 , m_9 , их

$$K_{12-14} = K_{12} + K_{13} + K_{14} = -j \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{m_{10}} + \frac{1}{m_{11}} + \frac{1}{m_{12}} \right) = -j \frac{1}{\omega M_1}, \quad (2)$$

На схеме также показаны функциональные элементы цепи $1/\eta_1$, $1/\eta_2$, $1/\eta_3$ и $1/\eta_4$, представляющие передаточные отношения звеньев сосредоточения параметров, где $\eta_1 = \ell_{O_1A} / \ell_{O_1T}$ – передаточное отношение сосредоточенных параметров звена TO_1A ; $\eta_2 = \ell_{O_2C} / \ell_{O_2B}$ – передаточное отношение сосредоточенных параметров звеньев O_1A и O_2B четырехзвенника O_1ABO_2 ; $\eta_3 = \ell_{O_2B} \cos^2 \varphi_3 \sin \alpha / \ell_{O_1B} \cos^2 \varphi_1 \sin \beta$ – передаточное отношение сосредоточенных параметров звеньев O_1A и O_2B четырехзвенника O_1ABO_2 (φ_1 , φ_3 , α и β – углы согласно рис. 1); $\eta_4 = \ell_{O_3G} / \ell_{GH}$ – передаточное отношение сосредоточенных параметров звеньев четырехзвенника O_3GH (O_4KL), $\eta_4 = 1$; j – мнимая единица.

Имея уравнения частных комплексных кинематических характеристик двухполосников, отображающих сосредоточенные параметры механизма, и механическую цепь, можно получить основную математическую зависимость для динамического анализа МРД в моменты перехода к выстой и выхода из него в форме полной комплексной кинематической характеристики (ПККХ) K в функции частоты вращения главного вала ткацкого станка ω .

Исходя из теорем механических цепей запишем

частные комплексные кинематические характеристики будут

$$K_{8-11} = K_8 + K_9 + K_{10} + K_{11} = -j \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{m_6} + \frac{1}{m_7} + \frac{1}{m_8} + \frac{1}{m_9} \right) = -j \frac{1}{\omega M_{II}},$$

где $M_I = \frac{m_{10} m_{11} m_{12}}{m_{10} m_{12} + m_{11} m_{12} + m_{10} m_{11}}$, $M_{II} = \frac{m_6 m_7 m_8 m_9}{m_7 m_8 m_9 + m_6 m_8 m_9 + m_6 m_7 m_9 + m_6 m_7 m_8}$;

$$K_{5-7} = \frac{K_5 (K_6 + K_7)}{K_5 + K_6 + K_7} \quad (\text{параллельно-}$$

последовательная схема соединения двух-поллюсников);

$$K_{5-7} = \frac{j \frac{\omega}{k_4 \eta_1^2 \eta_2 \eta_3^2} \left(-j \frac{1}{\omega m_5} + j \frac{\omega}{k_5} \right)}{j \frac{\omega}{k_4 \eta_1^2 \eta_2 \eta_3^2} - j \frac{1}{\omega m_5} + j \frac{\omega}{k_5}} = j \frac{\omega (m_5 \omega^2 - k_5)}{\omega^2 m_5 (k_4 \eta_c + k_5) - k_4 k_5 \eta_c}, \quad (4)$$

где $\eta_c = \eta_1^2 \eta_2 \eta_3^2$.

После подстановки составляющих второго слагаемого уравнения (1), выражений (2...4) получим

$$K_{5-15} = j \frac{\omega AB}{A \omega^2 M_I M_{II} k_0 \eta_4 + BC}, \quad (5)$$

где $A = m_5 \omega^2 - k_5$; $B = M_I M_{II} \omega^2 - k_0 (M_I \eta_4 + M_{II})$,
и $C = m_5 \omega^2 (k_4 \eta_c + k_5) - k_4 k_5 \eta_c$.

$$K_{1-4} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4,$$

$$K_{1-4} = -j \frac{1}{\omega m_1} - j \frac{1}{\omega m_2 \eta_1^2} - j \frac{1}{\omega m_3 \eta_1^2 \eta_2} - j \frac{1}{\omega m_4 \eta_1^2 \eta_2 \eta_3^2} = -j \frac{1}{\omega M_{III}}, \quad (6)$$

где $M_{III} = \frac{m_1 m_2 m_3 m_4 \eta_1^2 \eta_B \eta_C}{m_2 m_3 m_4 \eta_1^2 \eta_B \eta_C + m_1 m_3 m_4 \eta_B \eta_C + m_1 m_2 m_4 \eta_1^2 \eta_C + m_1 m_2 m_3 \eta_1^2 \eta_B}$, $\eta_B = \eta_1^2 \eta_2$.

Подставляя (5) и (6) в уравнение (1) и проводя алгебраические преобразования, получим ПККХ механизма ремизного движения СТБ в следующем виде:

$$K = j \frac{\omega^2 A (M_{III} B - M_I M_{II} k_0 \eta_4) - BC}{\omega M_{III} (A \omega^2 M_I M_{II} k_0 \eta_4 + BC)}. \quad (7)$$

Имея уравнение (7), с учетом основного уравнения механической цепи при известном амплитудном значении скорости V_0 кинематического возбуждения, можно определить амплитудное значение силы Q_0 , возникающей в механической системе МРД в рассматриваемый момент работы:

$$Q_0 = \frac{V_0}{K}; \quad Q_0 = -j V_0 \frac{\omega M_{III} (A \omega^2 M_I M_{II} k_0 \eta_4 + BC)}{\omega^2 A (M_{III} B - M_I M_{II} k_0 \eta_4) - BC}. \quad (8)$$

ВЫВОДЫ

1. Динамическая оценка шарнирно-стержневых механизмов ткацких станков может быть выполнена аналитически на малых перемещениях с использованием теории механических цепей в алгебраической форме.

2. Построена механическая цепь механизма ремизного движения ткацкого станка СТБ для проведения динамического анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Е.В., Григорьев А.В. Математические модели для анализа шарнирно-стержневых

механизмов ткацких станков. Справочник: Инженерный журнал. – М.: Машиностроение, 2000, №10 (43). С.62...64.

2. Вульфсон В.И. и др. Механика машин / Под ред. Г.А.Смирнова. – М.: Высшая школа, 1996.

3. Дружинский И.А. Механические цепи. – Л.: Машиностроение, 1977.

4. Ленк А. Электромеханические системы. Системы с сосредоточенными параметрами / Пер. с нем. – М.: Мир, 1978.

5. Дицкий А.В., Малафеев Р.М., Терентьев В.И., Туваева А.А. Основы проектирования машин ткацкого производства / Под общ. ред. Дицкого А.В. – М.: Машиностроение, 1983.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 01.10.02.