

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВАЛКОВОЕ УСТРОЙСТВО – ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ В ФОРМЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Е. Н. КАЛИНИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для анализа динамических параметров валкового устройства, взаимодействующего с текстильным материалом, как колебательной системы, позволяющей определить кинематические величины, характеризующие абсолютное и относительное перемещения в принятой системе отсчета, и воспринимаемые элементами системы силы, целесообразно представить ее феноменологическую (концептуальную) модель [1] в форме механической цепи. Последнее обстоятельство позволяет исследовать пространственно-одномерные механические цепи наиболее удобным методом, в котором уравнения движения системы можно написать исходя непосредственно из топологии рассматриваемой механической цепи на основе законов Кирхгофа, что дает возможность применять для описания и анализа механических цепей аппарат теории графов и использовать формализованный и систематический подход к их исследованию.

Согласно теории построения механических цепей [2] динамическая система валкового устройства, взаимодействующего с текстильным материалом, рассматривается в виде совокупности соединенных между собой элементарных пассивных и активных двухполюсников, отражающих соответствующие свойства элементов системы (упругие, диссипативные, инерционные, а также идеализированные источники силы и кинематических величин).

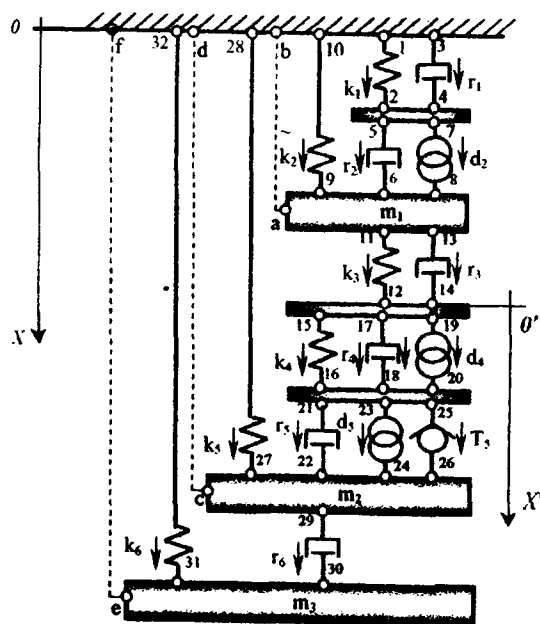


Рис. 1

На рис. 1 изображена пространственно-одномерная механическая цепь, отражающая свойства исследуемой системы, ассоциированные направления двухполюсников которой выбраны одинаковыми для всех элементов относительно принятой системы отсчета.

Динамические свойства исполнительного механизма (линейного пневматического или гидравлического двигателя) представлены в виде параллельно соединенных упругости  $k_1$  и демпфера  $r_1$ , отражающих процессы, протекающие в сопряжении поршень – цилиндр и характеризующиеся, например, наличием сил вязкого

сопротивления, термодинамическими процессами в полостях цилиндра. Полюсы 1 и 3 принадлежат неподвижной поверхности (остову устройства), относительно которой происходит перемещение элементов динамической системы (абсолютная система отсчета), полюсы 2 и 4 соединены невесомой балкой, отражающей свойства поршня исполнительного механизма.

Применительно к используемым в рассматриваемых системах типоразмерам исполнительных механизмов приведенной массой их подвижных элементов ввиду малости можно пренебречь (вырожденный безынерционный элемент). Этот элемент, в свою очередь, воздействует (через полюсы 5, 7) на вал с эластичным покрытием, характеризующийся инерционным элементом (массой)  $m_1$  (полюсы a, b) диссипативным элементом  $r_2$ , отражающим свойства конструкционного демпфирования объекта и обусловленного его поперечной деформацией, с источником  $d_2$  кинематических возмущений (прогиб от общей неуравновешенности и динамический прогиб), а также переменной динамической жесткостью – упругостью  $k_2$ , позволяющей оптимизировать величину поперечного прогиба рабочей части вала [3].

Ввиду того, что упругость  $k_2$  имеет двойную связь – с подвижной массой  $m_1$  (полюс 9) и с неподвижной поверхностью (полюс 10), рассматриваемая механическая цепь может быть определена как непланарная.

Вязкоупругие характеристики эластичного покрытия вала представлены в соответствии с реологическими свойствами полимерного материала в виде упругости  $k_3$  (полюсы 11, 12) и демпфера  $r_3$  (полюсы 13, 14), соединенных невесомой балкой (вырожденный безынерционный элемент). Влиянием массы оболочки ввиду относительной малости пренебрегаем. Поперечная деформация эластичного покрытия относительно геометрической оси вала может быть учтена за счет введения подвижной системы отсчета  $O'X'$ .

Источником динамических возмущений технологического характера  $d_4$  системы (источник скорости), имеющих ударный характер, является соединение обрабатываемых полотен ткани – шов, поведение которого в условиях кратковременного нагружения характеризуется упругим  $k_4$  и демпфирующим  $r_4$  элементами, соединенными невесомой балкой (полюсы 16, 18, 20), являющейся в рассматриваемой механической цепи вырожденным безынерционным элементом. Ударные возмущения воспринимаются как верхним эластичным валом, так и нижним приводным.

Свойства приводного вала, не имеющего эластичного покрытия, представлены инерционным элементом – массой  $m_2$  (полюсы c, d), демпфером  $r_5$ , характеризующим явление конструкционного демпфирования (полюсы 21, 22), упругостью  $k_5$ , обладающей двойной связью с подвижной массой  $m_2$  (полюс 27), и неподвижным остовом (полюс 28), образующим очередную непланарность.

Источником  $d_5$  кинематических возмущений при стационарном режиме работы вала являются производные от его суммарной поперечной деформации, обусловленной общей неуравновешенностью. Поскольку вал является приводным, то он подвержен одновременному воздействию как поперечных сил, так и крутящего момента, действие которого отражено элементом  $T_5$  (полюсы 25, 26). Диссипативные параметры остова устройства и его упругие характеристики оцениваются элементами  $r_6$  (полюсы 29, 30), массой  $m_3$  (полюсы e, f) и  $k_6$  (полюсы 31, 32) соответственно.

Основываясь на формальном прочтении второго закона Ньютона, заключающемся в том, что если при действии силы масса находится в параллельном соединении с ней, то при действии скорости величина, обратная массе, будет находиться в последовательном соединении [2], получим непланарную механическую цепь колебательной системы. Она представляет

процесс взаимодействия валкового устройства с текстильным материалом с учетом действия источников кинематических возмущений (скоростей)  $d_2$ ,  $d_4$  и совместного действия крутящего момента  $T_5$  с

источником кинематического возмущения (скорости)  $d_5$ .

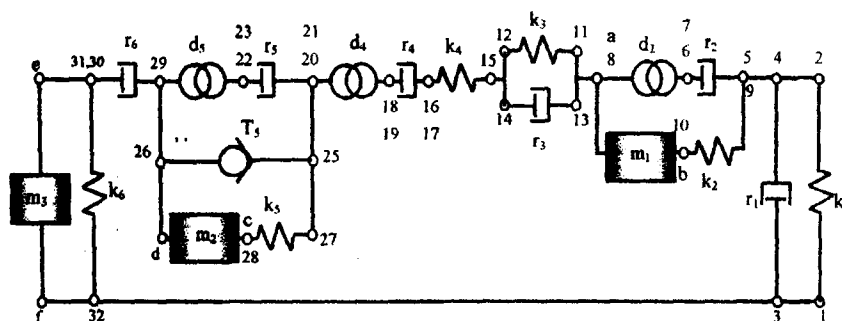


Рис. 2

Нумерация полюсов порождающей механической цепи (рис. 1) сохранена при соединении эквивалентных двухполюсников (рис.2) с соответствующими преобразованиями их взаимодействия и частных комплексных сопротивлений, характеризующих динамические параметры системы в рассматриваемых условиях в виде передаточных функций как двухполюсника, так и цепи в целом, и выражаемые через отношение изображений его переменных: механический импеданс, жесткость, восприимчивость, подвижность.

### ВЫВОДЫ

Установлена структурная взаимосвязь элементов динамической системы, представляющей процесс взаимодействия валкового устройства с текстильным материалом в форме непланарной механической цепи, учитывающей действия источников кинематических возмущений и совместного действия крутящего момента с источником кинематического возмущения, являющаяся основой для решения проектно-конструкторских задач динамических сис-

тем типа валковое устройство – текстильный материал.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Е.Н., // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №2. С. 106...108.
2. Дружинский И.А. Механические цепи. – Л.: Машиностроение, 1977.
3. Патент РФ № 1747571 МКИ D06C 15/08. Вал для машин отделочного и бумажного производства/ Е.Н. Калинин, Ю.Л. Талепоровский, А.И. Куликов. – Оpubл. 1992. Бюл. № 26.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 02.10.00.