

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ БУМАЖНОЙ ЛЕНТЫ В РОТАЦИОННЫХ МАШИНАХ

Основным технологическим объектом в любой рулонной печатной машине является запечатываемая лента из бумаги или какого-либо другого материала. Равномерная и стабильная подача ленты в машину и перемещение ее через технологические секции в установившемся режиме печатания тиража представляет собой сложный процесс. За достаточно короткий промежуток времени лента подвергается не только интенсивной механической нагрузке при проводке через печатные секции, но одновременно насыщается влагой, что приводит к изменению ее физические параметры и может отразиться на дальнейшем поведении. На стабильность движения ленты оказывает сильное влияние механического привода машины. Впервые экспериментальные исследования механического привода проводились в начале 70-х годов, тогда исследовался газетный агрегат ГАУ. Несколько позже проводились исследования механических приводов офсетных газетных машин ПОГ – 60 и ПОГ – 90. Именно эти исследования сориентировали ученых на установление взаимосвязи качества технологических процессов, в частности точности совмещения красок и динамических свойств механического привода. Процессы, происходящие в запечатываемом материале при печати в рулонных печатных машинах, исследуются как отечественными (В.П. Митрофанов, Е.А. Воронов, Ю.В Щербина), так и зарубежными учеными. В работе проведен анализ зависимости натяжения полотна на участке «вход в первую печатную секцию – выход из второй печатной секции» на примере рулонной печатной машины. Модель поведения бумажной ленты в печатной машине разработана по известной методике, изложенной в [1]. Исследуется четырех массовая модель рулонной машины, для нее получим расчетные формулы изменения натяжения ленты. Расчетная модель (рис. 1) представляет собой разветвленную систему, состоящую из четырех масс I_1 , I_2 , I_0 , I_0' , соединенных тремя упругими безынерционными связями C_{01} , C_{02} , C_{00}' . Инерционными элементами считаются исполнительные механизмы (печатные секции), ротор электродвигателя, ведомый шкив главной передачи, упругими элементами – участки главного вала машины и главная передача. Для выбранной расчетной схемы составлена математическая модель,

которая состоит из четырех уравнений, описывающих вращательное движение четырех масс, уравнения динамической характеристики электродвигателя и уравнения, связывающего изменение натяжения ленты с изменением угловых частот лентоведущих элементов, и имеет вид:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + C_{01}(\varphi_1 - \varphi_0) = -M_1^*; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + C_{02}(\varphi_2 - \varphi_0) = -M_2^*; \\ I_{0'} \ddot{\varphi}_{0'} + C_{00'}(\varphi_{0'} - \varphi_0) = M_D; \\ I_0 \ddot{\varphi}_0 + C_{01}(\varphi_0 - \varphi_1) + C_{02}(\varphi_0 - \varphi_2) + C_{00'}(\varphi_0 - \varphi_{0'}) = 0; \\ \dot{\varphi}_{0'} = \omega [1 - \nu(M_D + TM_D)]; \\ \tau \dot{F}_n + F_n = \nu_n(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + \xi F_n^0. \end{cases} \quad (1)$$

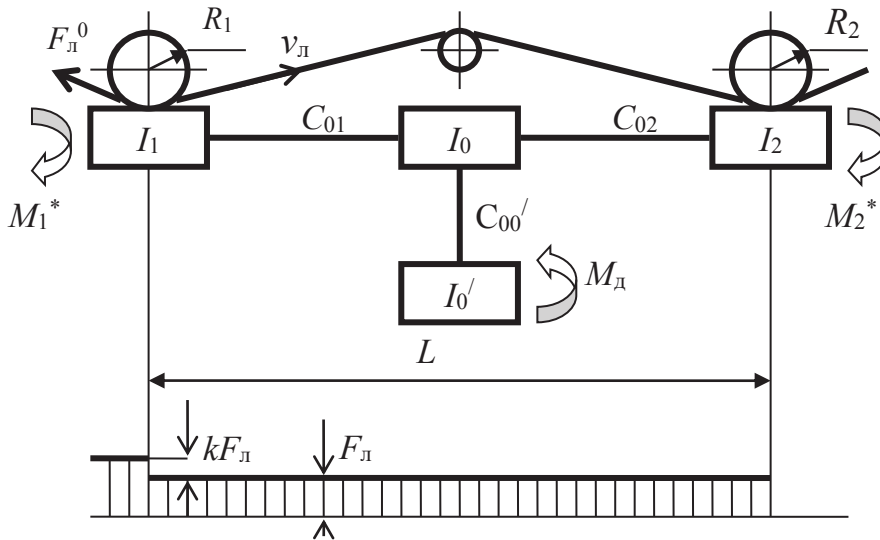


Рисунок 1 – Расчетная схема рулонной печатной машины

В операторной форме решение системы (1) имеет вид

$$\bar{F}_n = \frac{\nu_n}{I_1} \left[\frac{p \sum_{i=0}^7 g_i p^i}{\delta_\tau^* \sum_{i=0}^9 a_i p^i} \right] \bar{M}_1 - \frac{\nu_n}{I_2} \left[\frac{p \sum_{i=0}^7 h_i p^i}{\delta_\tau^* \sum_{i=0}^9 a_i p^i} \right] \bar{M}_2 + \xi \bar{F}_n^0 \left[\frac{\sum_{i=0}^{10} s_i p^i}{\delta_\tau^{*2} \sum_{i=0}^9 a_i p^i} \right], \quad (2)$$

где g_i, h_i, s_i, a_i – постоянные коэффициенты значение, которых зависят от параметров привода.

Таким образом, видим, что изменение натяжения ленты происходит при изменении полезных сопротивлений в первом и втором печатных аппаратах и при изменении натяжении ленты перед первым печатным аппаратом. Чтобы установить степень влияния каждого фактора, два других полагаем равными нулю. Рассмотрим степень влияния полезных сопротивлений в печатных аппаратах, при

этом необходимо задать вид их изменения, например, внезапно или по гармоническому закону. При внезапном изменении сопротивлений в первом печатном аппарате выражение (1) принимает вид

$$\bar{F}_n = \frac{v_n}{I_1} \left[\frac{\sum_{i=0}^7 g_i p^i}{\delta_\tau^* \sum_{i=0}^9 a_i p^i} \right] M_1^e, \quad (2)$$

где M_1^e – амплитуда внешнего воздействия.

Используя обратное преобразование Лапласа к формуле (2), получаем расчетную зависимость изменения натяжения ленты

$$F_n(t) = \frac{M_1^e v_n}{I_1 T_1 T_2} \left\{ A e^{-t/\tau} + \sum_{i=1}^3 A_i e^{-a_i t} + \sum_{i=1}^3 B_i e^{-c_i t} \sin(b_i t + \varphi_i) \right\}, \quad (3)$$

где A , A_i , B_i , φ_i – постоянные коэффициенты; a_i – действительные корни; c_i – действительные части комплексных корней; b_i – мнимые части комплексных корней характеристического уравнения системы.

Значения постоянных коэффициентов получены с помощью символьного процессора вычислительной системы *Mathcad*. Аналогично получена расчетная зависимость изменения натяжения ленты при внезапном изменении сопротивлений во втором печатном аппарате. Анализируя расчетные зависимости для изменения натяжения ленты, можно видеть, что при внезапном приложении моментов сопротивлений в печатных аппаратах отклик системы носит сложный характер, складывающийся из экспоненциально и гармонически изменяющихся слагаемых. Соотношение между ними будет зависеть от значений коэффициентов, а они в свою очередь, определяются параметрами исследуемой системы. Гармонические колебания в этом случае имеют затухающий характер. Для анализа изменения натяжения ленты выполнены расчеты для исходных следующих исходных данных: $I_1 = I_2 = 1,66 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $I_0 = 0,01 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $I_0' = 0,23 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $C_{01} = C_{02} = 4000 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $C_{00}' = 2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $L = 2,5 \text{ м}$; $v_n = 5 \text{ м/с}$; $R_1 = R_2 = 0,0994 \text{ м}$; $b = 0,9 \text{ м}$; $\delta = 0,085 \text{ мм}$; $E_\delta = 4763 \text{ МПа}$; $\omega = 157 \text{ с}^{-1}$; $\nu = 10^{-3} \text{ 1/Н}$; $T = 0,1 \text{ с}$.

На рис. 2 и 3 представлены графики изменения натяжения ленты для различных жесткостей главной передачи. Анализ графиков показал, что изменение натяжения ленты носит гармонический характер с первой собственной частотой колебаний. С уменьшением жесткости главной передачи амплитуда колебаний незначительно увеличивается. Анализ закономерностей изменения натяжения бумажной ленты при различных возмущающих воздействиях способствует решению задачи по выбору оптимальных параметров и

структуры привода рулонной печатной машины. Для получения качественной печатной продукции необходимо, чтобы, во-первых, лента обязательно имела предварительное натяжение, минимум которого равен $p_{\min} \cdot b$, (где $p_{\min} = 50$ Н/м, b – ширина ленты), во-вторых, чтобы лента была натянута до определенного максимума, величина которого не более $p_{\max} \cdot b$ (где $p_{\max} = 300$ Н/м). Если натяжение будет меньше минимума, то при проводке возможно морщение и перекося бумаги. Чтобы этого избежать следует принять меры: изменить параметры привода с целью снижения амплитуд колебаний или изменить режимы эксплуатации в сторону увеличения предварительного натяжения ленты и т.п. Если натяжение ленты превысит максимум, то могут появиться пластические деформации в поперечном сечении ленты, которые станут причиной перекося или смещений полотна вдоль оси лентоведущих цилиндров, а при дальнейшем увеличении натяжения ленты даже возможен обрыв ленты. В этой связи необходимы рекомендации для исключения подобных случаев: снижение предварительного натяжения ленты (если это возможно по условиям проводки в машине), изменение схемы проводки и т.д.

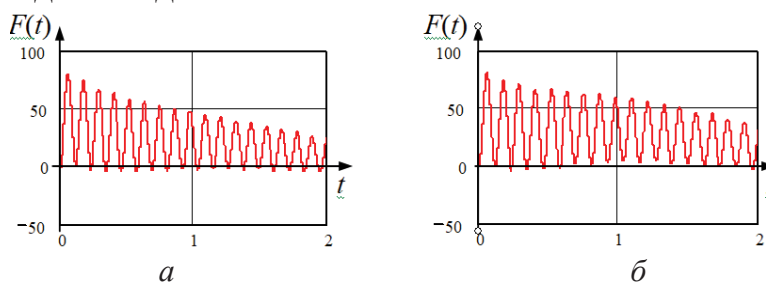


Рисунок 2 – Графики изменения натяжения ленты при внезапном изменении полезных сопротивлений в первом печатном аппарате:

$a - C_{00}' = 2000$ Н·м; $b - C_{00}' = 1500$ Н·м

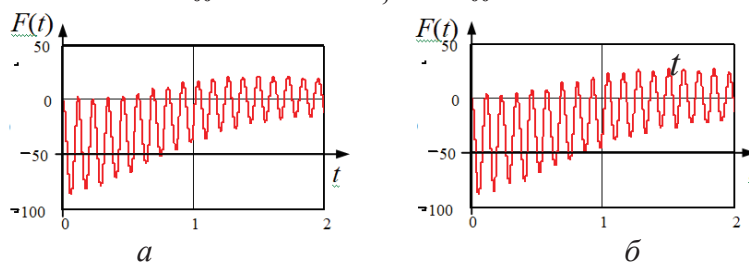


Рисунок 3 – Графики изменения натяжения ленты при внезапном изменении полезных сопротивлений во втором печатном аппарате:

$a - C_{00}' = 2000$ Н·м; $b - C_{00}' = 1500$ Н·м

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические задачи при создании и эксплуатации полиграфических машин: Монография / Г.А. Алексеев, Е.А. Воронов, Е.Н. Гусак, Л.И. Тарасов. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. 288 с.