

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОГО ЭТАПА ИМПУЛЬСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕРОВНОСТЕЙ МАТЕРИАЛА С ВАЛАМИ МОДУЛЕЙ

А.В. ПИСАРЕВ, Ю.Г. ФОМИН, Л.УДВАЛ

(Ивановская государственная текстильная академия,
Монгольский государственный университет науки и технологии)

Аномалии (неровности) тканей, транспортируемых через валковые модули машин текстильной и легкой промышленности, вызывают вибрации валов, повреждая их покрытия, приводят к нарушению технологического режима и снижают качество продукта. К числу возможных аномалий можно отнести пропуск через жало валов складок или швов тканей, штучных изделий, а также жесткие неравномерные включения, попадающие в обрабатываемый материал. Динамические усилия, являющиеся следствием взаимодействия этих аномалий с валами модулей, в большей степени проявляются при скоростной проводке материала и повышенных нагрузках.

Максимальное значение импульсной нагрузки P_g^{\max} , действующей на валы модуля (рис. 1) от неровности транспортируемого через зону контакта материала со скоростью $V_{\text{тр}}$, определяется по формуле [1]:

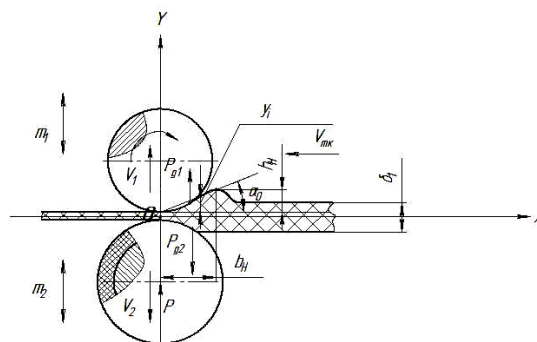


Рис. 1

$$P_g^{\max} = m_i \ddot{y}_i = m_i h_H \frac{V_{TK}^2}{b_H^2}, \quad (1)$$

где m_i – масса вала; y_i – ордината высоты неровности материала; h_H и b_H – параметры высоты и ширины неровности.

В результате исследований форм огибающих неровностей тканей (швов, складок, кусков аппрета и др.) установлено, что их математические модели в форме зависимостей $y_i = f(x_i)$ могут иметь вид показательной, степенной или логарифмической функций.

Возмущающее воздействие от неровности материала на валковый модуль (рис. 1 – расчетная схема взаимодействия неровностей с валами модуля) реализуется в виде импульса силы (ускорения) (рис. 2 – график зависимостей импульса силы (ускорения)), который характеризуется следующими параметрами: P_{\max} и a_{\max} – максимальные значения импульсной нагрузки в жале валов и ускорения; τ_1 и τ_2 – длительность активного и пассивного этапов соударения неровности с валами.

Уравнения движения соударяющихся с неровностью валов могут быть записаны в виде [2]:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} &= m_1 \frac{dV_1}{dt} = -P(h), \\ m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} &= m_2 \frac{dV_2}{dt} = -P(h), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где y_1 и y_2 – перемещения центров инерции валов; V_1 и V_2 – скорости перемещений валов:

$$y_1 + y_2 = h, \quad V_1 + V_2 = V = \frac{dh}{dt}, \quad (3)$$

где h – упругопластическая деформация обрабатываемого материала ($\delta_1 - \delta_2$); V – скорость удара центров инерции валов.

Суммируя уравнения движения валов, получаем основное уравнение соударения:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{d^2 h}{dt^2} = -\frac{1}{M} P(h), \quad (4)$$

где $M = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ – приведенная масса соударяющихся с неровностью валов.

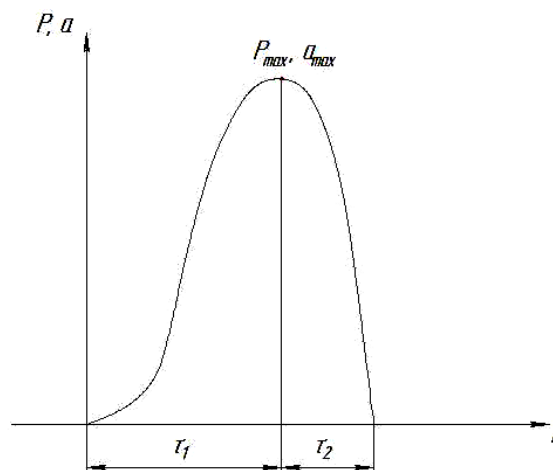


Рис. 2

Зависимость $h = f(P)$ может быть получена путем двукратного интегрирования экспериментальной кривой ускорения (рис. 2) и представлена выражением [3]:

$$h = bP^n, \quad (5)$$

где b и n – коэффициенты, определяемые по методу наименьших квадратов [4].

Запишем уравнение (4) с учетом выражения (5):

$$V \frac{dV}{dh} = -\frac{1}{Mb^{1/n}} h^{1/n}. \quad (6)$$

Из начальных условий при $t = 0$, $h = 0$ и $V = V_0 = V_{10} + V_{20}$ после интегрирования (6) получаем:

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{2}{MV_0^2} \frac{1}{b^{1/n}} \frac{n}{n+1} h^{1/n}}. \quad (7)$$

Здесь V_{10} и V_{20} – начальные скорости центров масс валов.

Если $V = 0$, то:

$$h_{\max} = \left(\frac{MV_0^2}{2} b^{1/n} \frac{1+n}{n} \right)^{\frac{n}{n+1}} = \left(E_0 b^{1/n} \frac{1+n}{n} \right)^{\frac{n}{n+1}}, \quad (8)$$

и соответственно:

$$P_{\max} = \left(\frac{h_{\max}}{b} \right)^{1/n} = \left(\frac{E_0}{b} \frac{1+n}{n} \right)^{\frac{1}{1+n}}, \quad (9)$$

где $E_0 = \frac{MV_0^2}{2}$ – приведенная кинетическая энергия соударяющихся с неровностью валов.

При этом $t = \tau_1$, что соответствует длительности переднего фронта ударного импульса (интервал времени, в течение которого контактная сила возрастает от 0 до P_{\max}) – активный этап.

В этот момент ускорения валов будут максимальны:

$$a_1 = -\frac{1}{m_1} P_{\max}, \quad a_2 = -\frac{1}{m_2} P_{\max}. \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= \frac{\varepsilon(V - V_{20}) + V_{10}}{1 + \varepsilon}, & V_2 &= \frac{V - V_{10} + \varepsilon V_{20}}{1 + \varepsilon}, \\ x_1 &= \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} h + \frac{V_{10} - \varepsilon V_{20}}{1 + \varepsilon} t, & x_2 &= \frac{1}{1 + \varepsilon} h + \frac{V_{10} + \varepsilon V_{20}}{1 + \varepsilon} t. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Коэффициенты перегрузки валов:

$$k_1(t) = \frac{|a_1(t)|}{g} = \frac{P(t)}{m_1 g} = \frac{P(t)}{G_1}, \quad k_2(t) = \frac{P(t)}{G_2}, \quad (15)$$

где g – ускорение силы тяжести; G_1 и G_2 – веса валов.

Вычтем из первого уравнения (2) второе, произведем интегрирование и получим:

$$m_1(V_1 - V_{10}) - m_2(V_2 - V_{20}) = 0,$$

откуда

$$V_1 - \varepsilon V_2 = V_{10} - \varepsilon V_{20} = \text{const}, \quad (11)$$

где $\varepsilon = \frac{m_1}{m_2}$.

Следовательно, в момент времени $t = \tau_1$, когда $V = 0$, скорости V_1 и V_2 будут равны по абсолютной величине:

$$|V_1| = |V_2| = \frac{|V_{10} - \varepsilon V_{20}|}{1 + \varepsilon}. \quad (12)$$

Интегрируя уравнение (10), получим:

$$y_1 - \varepsilon y_2 = (V_{10} - \varepsilon V_{20})t. \quad (13)$$

Используя соотношения (3), (11) и (13), можно выразить перемещения и скорости валов при соударении с неровностью ткани:

ВЫВОДЫ

1. Заключительная фаза активного этапа соударения неровности ткани с валами модуля характеризуется максимальными импульсной нагрузкой и ускорением.

2. На основании основного уравнения соударения получены выражения для определения перемещений, скоростей и коэффициентов перегрузки валов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фомин Ю.Г.* Основы теории, конструирования и расчет валковых машин. Ч. 2. – Иваново, 1999.

2. *Гольдсмит В.* Удар, теория и физические свойства соударяющихся тел. – М.: Стройиздат, 1965.

3. *Батуев Г.С. и др.* Инженерные методы исследования ударных процессов. – М.: Машиностроение, 1969.

4. *Севостьянов А.Г.* Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования ИГТА. Поступила 01.12.06.
