

ДЕФОРМАЦИЯ УПРУГОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА В РАБОЧИХ ЗОНАХ ОТДЕЛОЧНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

А.А. КРАСНОВ

(Ивановский государственный архитектурно-строительный университет)

Известно [1], что в текстильных отделочных машинах материал взаимодействует с тканенаправляющими роликками и валами, имеющими или не имеющими привод. Участки машины, на которых происходит деформация материала, принято моделировать с помощью системы из двух фрикционных пар, между которыми располагается сам материал и которая называется зоной деформации. При этом предполагается, что проскальзывание материала в жалах фрикционных пар отсутствует. Рассмотрим вопрос о деформации материала между фрикционными парами, учитывая только его упругие свойства.

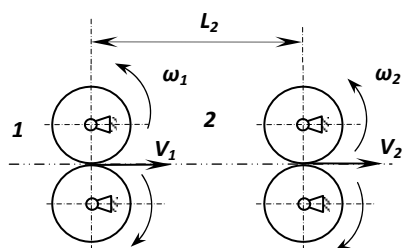


Рис. 1

Известно [2], [3], что уравнения продольного движения гибкой нити на ее свободном участке описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных, интегрирование которых в частном виде для зоны деформации между двумя фрикционными парами (рис.1), если пренебречь массой нити, приводят к виду [3], [4]:

$$L \frac{d\varepsilon_2}{dt} = \left(V_2 - V_1 \frac{1 + \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} \right) (1 + \varepsilon_2), \quad (1)$$

где L – расстояние между точками входа и выхода с участка деформации; V_1 , V_2 – скорости нити в жалах валов первой и вто-

рой фрикционных пар соответственно; ε_1 , ε_2 – относительная деформация нити в первой зоне деформации и во второй зоне соответственно. Это уравнение получено на основе уравнения неразрывности.

Рассмотрим этот вопрос с другой точки зрения.

Запишем для участка гибкой упругой нити между фрикционными парами уравнение Гука в интегральной и дифференциальной формах и, учитывая длины отрезков гибкой нити, вводимых в зону деформации первой фрикционной парой и выводимых из зоны деформации второй фрикционной парой, получим выражение для определения деформации гибкой нити в зоне деформации в виде:

$$\varepsilon_2 = \frac{L_2 \varepsilon_1 - \int_0^t V_1(\tau) d\tau + \ell_3(t)}{L + \int_0^t V_1(\tau) d\tau - \ell_3(t)}, \quad (2)$$

$$\frac{d\ell_3}{dt} = [L_2 - \ell_3(t) + \int_0^t V_1(\tau) d\tau] \frac{V_2(t)}{L_2},$$

где ε_1 – относительная деформация гибкой нити в зоне 1; $\ell_3(t)$ – длина выводимого отрезка гибкой нити из зоны деформации 2 при начальной его деформации, равной ε_1 ; L – длина зоны деформации между фрикционными парами; $V_1(t)$ – скорость гибкой нити в жале первой фрикционной пары; $V_2(t)$ – скорость гибкой нити в жале второй фрикционной пары; ε_2 – относительная деформация гибкой нити в зоне 2.

При постоянных скоростях валов фрикционных пар дифференциальное уравнение (2) дает достаточно простое решение:

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1 + \left(1 - e^{-\frac{V_2 t}{L_2}}\right) \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)}{1 - \left(1 - e^{-\frac{V_2 t}{L_2}}\right) \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)}. \quad (3)$$

Заметим, что при $L_2=0$ формула (3) приводится к (1). При $\varepsilon_1=0$ и при $L_2=0$ (3) приводится к формуле Коши [5].

Анализ решений уравнения (1), полученных численными методами при постоянных скоростях валов и значений деформации гибкой нити, полученных по формуле (3), показывает их полное совпадение.

Поскольку уравнения (1) и (2) описывают один и тот же процесс деформации материала, но получены разными способами, то интересно сравнить их решения для переходных процессов, когда скорости движения валов фрикционных пар меняются во времени, как это происходит в реальных технологических процессах, например, в текстильных отделочных линиях.

Для компьютерного эксперимента зададимся зависимостями скоростей вращения валов от времени, приведя их к скоростям точек нити в жале валов. Пусть скорости текстильного материала в жалах валов фрикционных пар описывается функциями:

$$V_1(t) = V_{10} + A_1(1 - e^{-a_1 t}), \quad (4)$$

$$V_2(t) = V_{20} + A_2(1 - e^{-a_2 t}),$$

где V_{10} , V_{20} , A_1 , A_2 , a_1 , a_2 – константы; t – время.

Интегрирование уравнений (1) и (2), в которых используются функции (4), в конечном виде достаточно трудоемко, поэтому, используя численные методы, получим ряд решений этих уравнений.

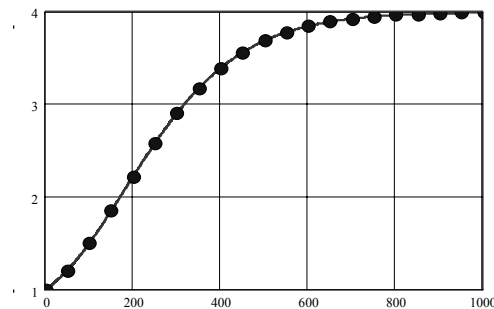


Рис. 2

На рис. 2 показаны: одно из решений уравнения (1) – сплошная линия и одно из решений уравнения (2) – точки, для одних и тех же функций (4). Сравнительный анализ полученных решений свидетельствует о полном совпадении результатов численных расчетов.

ВЫВОДЫ

1. Получены дифференциальное уравнение, описывающее деформацию упругого материала в зоне между фрикционными парами, и частное выражение для деформации упругого материала при постоянных скоростях валов фрикционных пар.
2. Показано, что решения уравнений, описывающих деформацию упругого материала, полученных разными способами, приводят к одним и тем же решениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Бурков А.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 6. С. 67...71.
2. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение. – 1967.
3. Бейлин И. Ш. Вейц В.Л., Меркин В.М. Динамика и оптимальная пассивная стабилизация натяжения в лентопротяжных механизмах / Под ред. К.М. Рагульска. — Л.: Политехника, 1991.
4. Шустов А.Д. Процессы деформации бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1969.
5. Васильков Ю.В., Романов А.В. Термообработка текстильных изделий технического назначения. – М.: Легпромбытиздат, 1990.

Рекомендована кафедрой строительной механики. Поступила 06.04.07.