ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БЕРДА БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА

Доцент ***Дремова Н.В.***

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Для определения собственных колебаний берда вначале построим математическую модель рассматриваемого процесса.

Математическая модель может быть получена двумя методами:

1) на основе теоретического анализа процесса с использованием основных законов механики, физики и других естественных наук;

2) на основе данных эксперимента и использованием известных методов.

Используя второй метод, на основе проведения нами экспериментальных исследований моделируем бердо как консольную балку.

Если конец берда изогнуть, а затем освободить его, то он начинает периодически колебаться и амплитуда каждого последующего колебания будет меньше предыдущего. Если на свободный конец действует система нитей, то колебания будут затухать со временем. Теоретически колебания будут продолжаться бесконечно долго, однако на практике, это не происходит. Нам известно, что скорость затухания колебаний служит характеристикой демпфирования. Эти утверждения имеет место в том случае, когда поперечное перемещение берда W имеет форму экспонента $W = W_o(t) \cdot \exp(\omega t)$

Если в момент времени $t = 0$ на бердо прикладывается периодически изменяющаяся сила, то динамические перемещения будут быстро возрастать до тех пор на бердо пока, не достигнет своего устойчивого состояния. При этим при низких частотах восстанавливающая сила будет в основном обеспечиваться жесткостью, тогда как при высоких частотах восстанавливающая сила определяется инерцией, а между ними в зависимости от конкретных значений массы и жесткости будет иметь место резонанс, в следствии чего, происходит обрывность нитей основы. Если отсутствует демпфирование, то при таком резонансе невозможно состояние динамического равновесия, и в бердо будет возникать колебания с постоянно увеличивающейся амплитудой. В действительности затухание всегда имеет, используя подход, основанный на применении комплексного модуля, можно решать произвольную физическую задачу, заменив модуль упругости E на комплексное число $E_1 + iE_2$, где E_1 и E_2 являются функциями частоты. Если моделировать бердо как систему с одной степенью свободы, то используя преобразование Фурье, связь между изображением перемещения $w(\omega)$ и изображением силы $F(\omega)$ примет вид

$$w(\omega) = \frac{F(\omega)}{K(1+i\eta) - m\omega^2} \tag{14}$$

Например, если на бердо действует импульсивная сила $f(t) = F \cdot \delta(t)$, то значение силы будет определяться формулой

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} F \cdot \delta(t) \cdot e^{-i\omega t} = F \tag{15}$$

Далее используя обратное преобразование, находим перемещение

$$w(t) = \frac{F}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{i\omega t} d\omega}{K(1+i\eta) - m\omega^2} \tag{16}$$

Обычно

$$K(\omega) = K(-\omega) \text{ и } \eta(\omega) = -\eta(-\omega).$$

Имея в виду четность и нечетность этих функций, получим выражение для определения перемещений в виде

$$w(t) = \frac{F}{\pi} \int_{0}^{\infty} \frac{\left[K(\omega) - m\omega^2\right] \cdot \cos\omega t + K(\omega) \cdot \eta(\omega) \cdot \sin\omega t}{\left[-m\omega^2 + K(\omega)\right]^2 + K^2(\omega) \cdot \eta^2(\omega)} \cdot d\omega \tag{17}$$

Рассмотрим численный пример. С целью иллюстрации жесткость выберем равной $K = 6{,}12 \cdot 10^5 \, Н/м$, а масса $m = 1 \div 2{,}5$, силу $F = 5;10;15$ Н. Для того чтобы выполнить расчеты по формулу (17), представим $К$ и η для рассматриваемого материала бердо в виде эмпирических функций от частоты ω.

$$К = 1225 \cdot (1 + 100\omega)^{0{,}1} \; ; \qquad \eta = 0{,}17 \, .$$

При этом частота изменяется в диапазоне $0 \le \omega \le 10^4$ $Гц$. На рис.5 представлены зависимости для перемещений W в зависимости от времени t.

$m1 := 2.5 \quad F := 10$

$\omega := 0, 10 .. 1000 \qquad K(\omega) := 3\cdot\omega^2 \qquad \eta(\omega) := 2\cdot\omega^{-3} \qquad K1(\omega) := K(\omega) - m1\cdot\omega^2$

$K2(\omega) := K(\omega)\cdot\eta(\omega) \qquad K3(\omega) := (K1(\omega))^2 + (K2(\omega))^2 \qquad t := 0, 0.1 .. 2$

$$W3(t) := \left(\frac{F}{\pi}\right)\cdot\int_0^{100} \frac{(K1(\omega)\cdot\cos(\omega\cdot t) + K2(\omega)\cdot\sin(\omega\cdot t))}{K3(\omega)}\, d\omega$$

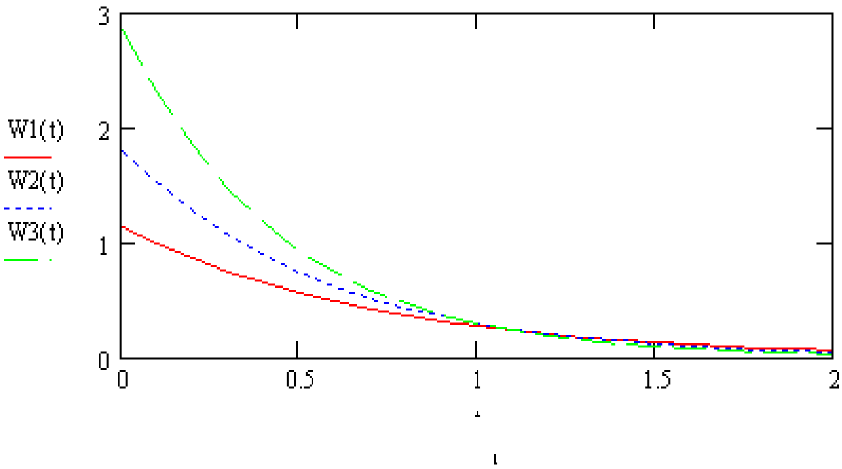

Рис.5. Зависимость перемещения W от времени t для различных значений m, ($m = 1$; 2; 2,5)

Выводы. Численные результаты показывают, что в начальный момент времени ($0 \langle t \langle 0{,}5$) коэффициент m существенно влияет на перемещение. При t=0 перемещения при $m = 1$ и $m = 2$ отличаются в два раза, а при $m = 1$ и $m = 2{,}5$

в три раза. В дальнейшем полученные кривые при $(1\langle t \langle 2)$, сливаются, т.е. коэффициент m практически не влияет на перемещения.

Литература

1.Дремова, Н. В. (2022). Влияние динамических параметров берда ткацкого станка на технологию тканеформирования. *Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing Moldova*.

2.Дрёмова, Н. В., Алимбаев, Э. Ш., & Мавлянов, Т. М. (2004). К оценке жесткости берда челночных и бесчелночных станков. *Ж. Проблемы текстиля*, *2*, 30-33.

3.Дремова, Н. В., & Мавлянов, Т. М. Об одном методе решения задачи колебательноо движения батанного механизма с учетом неупругих и нелинейных свойств. In *Ташкент, ТТЕСИ-2011, Республиканская научно-практическая конференция* (pp. 177-179).