УДК 677.02

МЕХАНИКА АЭРОСЪЕМА ОСТАТОЧНОГО СЛОЯ ВОЛОКОН С ГАРНИТУРЫ ПРИЕМНОГО БАРАБАНА

В.В. ЗРЮКИН, В.В. КАПИТАНОВ, И.Ю. ЛАРИН, Я.М. КРАСИК

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что присутствие остаточного слоя на гарнитуре приемного барабана приводит к образованию пороков в прочесе. Например, в [1...3] приведены конструкции аэродинамических устройств, работа которых направлена на снижение загрузки приемного барабана остаточным слоем. С целью теоретического изучения работы этих устройств ниже рассматривается механика аэросъема комплекса волокон с зубьев гарнитуры вращающегося пильчатого барабана и приводятся уравнения движения комплекса волокон на рабочей грани зуба гарнитуры.

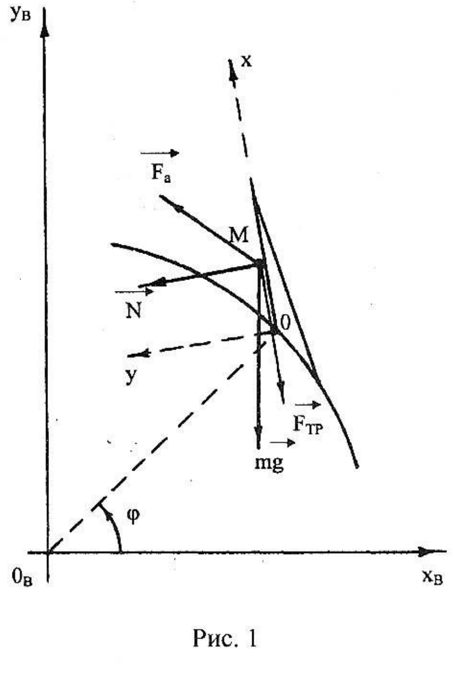

Рис. 1

Пусть комплекс волокон массой m располагается на зубе гарнитуры (рис. 1 – схема действия сил на комплекс волокон на зубе гарнитуры). Центр масс комплекса волокон находится в точке M. Положим, что точка M находится на рабочей грани зуба. Координату точки M обозначим через x. Пусть скорость комплекса вдоль рабочей грани зуба через $\vec{v}$, а его ускорение вдоль этой же грани – $\vec{a}$.

Обозначим через $\vec{v}_a$ скорость воздушного потока в точке M, а скорость центра масс комплекса в неподвижной системе координат через $\vec{v}_{ком}$.

Тогда движение комплекса волокон согласно второму закону Ньютона моделируется следующим векторным уравнением:

$$m\vec{a} = \vec{G} + \vec{F}_{тр} + \vec{N} + \vec{F}_a + \vec{F}_{пер} + \vec{F}_{кор},$$

где $\vec{G}$ – сила тяжести; $\vec{F}_{тр}$ – сила трения; $\vec{N}$ – сила нормального давления; $\vec{F}_{пер}$ – переносная сила инерции; $\vec{F}_{кор}$ – кориолисова сила ; $\vec{F}_a$ – аэродинамическая сила.

Обозначим угол при вершине зуба гарнитуры – β; g – ускорение свободного падения, а через ω – угловую частоту вращения барабана. Далее будем обозначать величину скорости витания через $v_{вит}$. Тогда аэродинамическая сила, действующая на комплекс, представляется по формуле

$$\vec{F}_a = mg\left|\vec{v}_a - \vec{v}_{ком}\right|\left(\vec{v}_a - \vec{v}_{ком}\right)/v_{вит}^2.$$

Расчетная зависимость для величины модуля вектора аэродинамической силы в данном случае имеет вид:

$$F_a = mg\left|\vec{v}_a - \vec{v}_{ком}\right|^2 / v_{вит}^2.$$

Рассмотрим подробнее выражение для модуля $\left|\vec{v}_a - \vec{v}_{ком}\right|$. Под знаком модуля находится вектор скорости воздушного потока относительно комплекса волокон. Будем считать, что абсолютную скорость комплекса при расчете модуля вектора $\vec{F}_a$

можно приблизительно рассчитать по величине (и направлению), равной окружной скорости барабана $v_{ком} \approx V_{окр}$.

Далее будем полагать, что аэродинамические условия для съема волокон таковы, что внешний воздушный поток обтекает вращающийся барабан над окружностью, которую ограничивают кончики зубьев гарнитуры барабана. Причем обтекание проходит с постоянной скоростью воздушного потока, по значению кратной $V_{окр}$:

$$v_a = k_a V_{окр},$$

где k_a – коэффициент.

Следовательно,

$$\left|\vec{v}_a - \vec{v}_{ком}\right| \approx \left|k_a - 1\right| V_{окр},$$

а величина F_a может быть рассчитана по упрощенной формуле

$$F_a = mg\left(k_a - 1\right)^2 V_{окр}^2 / v_{вит}^2,$$

или

$$F_a = k_{окр} mg,$$

где $k_{окр} = \left(k_a - 1\right)^2 V_{окр}^2 / v_{вит}^2$.

Проекции аэродинамической силы $\vec{F}_a$ на оси системы координат Оху соответственно равны:

$$F_{a,x} = F_a \sin\delta, \; F_{a,y} = F_a \cos\delta,$$

где δ – параметр, учитывающий геометрическое положение центра масс комплекса относительно неподвижной системы координат $O_Б x_Б y_Б$.

Очевидно ,что

$$F_{тр,x} = -\mu N,$$

где μ – коэффициент трения.

Вектор переносной силы инерции направлен по радиусу $O_Б M$:

$$\vec{F}_{пер} = m\omega^2 O_Б M.$$

Следовательно, проекции силы инерции $\vec{F}_{пер}$ на оси системы координат Оху записываются следующим образом:

$$F_{пер,x} = m\omega^2 r\cos\delta,$$
$$F_{пер,y} = -m\omega^2 r\sin\delta.$$

Вектор кориолисовой силы равен:

$$\vec{F}_{кор} = 2m\left[\vec{v}\times\vec{\omega}\right]$$

и направлен перпендикулярно вектору $\vec{v}$, то есть параллельно оси Оу. Поскольку котониновый комплекс движется в положительном направлении оси Ох, то вектор $\vec{F}_{кор}$ имеет следующие проекции на оси системы координат Оху:

$$F_{кор,x} = 0,$$
$$F_{кор,y} = -2mv\omega.$$

Следовательно:

$$ma = -mg\sin\left(\beta+\varphi\right) - \\ -\mu N + F_a\sin\delta + m\omega^2 r\cos\delta,$$

$$0 = -mg\cos\left(\beta+\varphi\right) + N + \\ + F_a\cos\delta - m\omega^2 r\sin\delta - 2mv\omega,$$

где φ – угловое положение основания зуба гарнитуры.

Величина силы реакции опоры:

$$N = mg\cos\left(\beta+\varphi\right) + \\ + m\omega^2 r\sin\delta + 2mv\omega - F_a\cos\delta.$$

Подставим соотношение для N в уравнение движения по координате Ох :

$$ma = -mg\sin(\beta+\varphi) - \mu\left[mg\cos(\beta+\varphi) + m\omega^2 r\sin\delta + 2mv\omega - F_a\cos\delta\right] + F_a\sin\delta + m\omega^2 r\cos\delta$$

или

$$a = -g\left[\sin(\beta+\varphi) + \mu\cos(\beta+\varphi)\right] - \omega^2 r\left[\mu\sin\delta - \cos\delta\right] - 2\mu v\omega + \frac{F_a}{m}\left[\mu\cos\delta + \sin\delta\right].$$

Поскольку $\frac{F_a}{m} = k_{окр}g$,

то

$$a = -g\left[\sin(\beta+\varphi) + \mu\cos(\beta+\varphi)\right] - \omega^2 r\left[\mu\sin\delta - \cos\delta\right] - 2\mu v\omega + k_{окр}g\left[\mu\cos\delta + \sin\delta\right].$$

ВЫВОДЫ

Выведены уравнения движения комплекса волокон вдоль рабочей грани зуба гарнитуры при аэросъеме остаточного слоя с приемного барабана.

ЛИТЕРАТУРА

1.Патент США, № 3574144.
2. Патент США, №3553791.
3.Патент Франции, №1255061.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 03.02.06.