

## ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ ЛАПКИ РОГУЛЬКИ НА КОЛЕБАНИЯ ЕЕ СИЛЫ ПРИЖИМА В ПРОЦЕССЕ НАМОТКИ РОВНИЦЫ

П.С. БАЛАБАЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

Согласно предложенной в [3] модели процесса наматывания, значительное отклонение силы прижима лапки от установленного расчетом оптимального значения может приводить к появлению скрытой вытяжки или даже обрыву ровницы. В [2] нами показано, что технологические допуски на изготовление лапок рогулек могут приводить к отклонению силы прижима от расчетного значения на 20%.

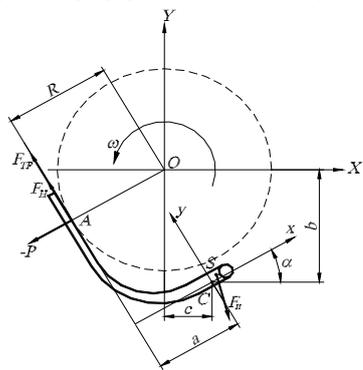


Рис. 1

Сила прижима лапки  $P$  в установившемся режиме наматывания определяется из рассмотрения ее равновесия под действием как инерционных сил  $F_{и}$ , так и технологических усилий (рис.1, где  $O$  – ось вращения рогульки и катушки;  $C$  – ось поворота лапки;  $S$  – центр масс лапки;  $A$  – условная точка контакта лапки с телом намотки). Из всех технологических усилий наибольшее влияние на силу прижима оказывают сила трения лапки о ровницу на катушке  $F_{тр} = \mu P$  и сила натяжения ровницы  $F_H$  при сходе в намотку.

В результате силу прижима лапки к паковке в установившемся режиме можно определить из выражения:

$$P = \frac{aF_H + \omega^2 (\sin \alpha (cS_x - bS_y) + \cos \alpha (cS_y - bS_x))}{(b \cos \alpha + c \sin \alpha - a\mu)}, \quad (1)$$

где  $\alpha = \arcsin \left( \frac{R-a}{\sqrt{b^2+c^2}} \right) + \arcsin \left( \frac{c}{\sqrt{b^2+c^2}} \right)$  –

угол поворота лапки;  $a$  – расстояние по нормали от оси вращения лапки до лопатки лапки;  $b, c$  – параметры, определяющие смещение оси вращения лапки относительно оси вращения рогульки;  $S_x, S_y$  – статические моменты инерции массы лап-

ки относительно ее оси вращения в системе координат  $хуz$ ;  $\omega$  – угловая скорость вращения рогульки.

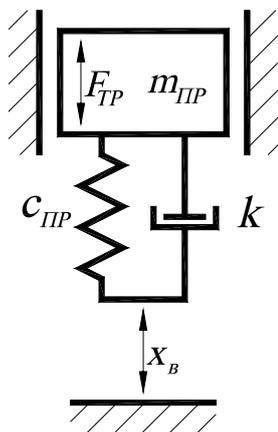


Рис. 2

Рассмотрим простейшую динамическую модель взаимодействия лапки рогульки с паковкой в процессе наматывания ровницы (рис. 2).

В данной модели учитывается приведенная к точке контакта с паковкой масса лапки. Лапка считается абсолютно жесткой по сравнению с паковкой, имеющей жесткость  $c_{п}$  и коэффициент демпфирования  $k$ . Эффективная жесткость поля инерционных сил, действующих на лапку, может быть получена дифференцированием (1):

$$c_{и} = \frac{\partial P}{\partial R}. \quad (2)$$

А приведенная жесткость всей системы определяется так:

$$c_{пр} = c_{п} - c_{и}, \quad (3)$$

Знак минус в (3) означает, что силы инерции лапки и сила упругости тела намотки направлены противоположно друг другу. Так как инерционные силы пропорциональны квадрату частоты вращения рогульки, то собственная частота колебаний при вращающейся рогулке меньше, чем в условиях статических испытаний. Особенностью приведенной выше модели является рассмотрение силы  $F_{тр}$  – силы сухого трения лапки о рабочую ветвь. Из-за наличия данной силы модель становится нелинейной. Возмущающим воздействием  $x_B$  для рассмотренной системы могут являться: монтажная несоосность осей вращения рогульки и паковки (для подвесных рогулек), вибрация ветвей рогульки и веретена, а также асимметрия тела намотки.

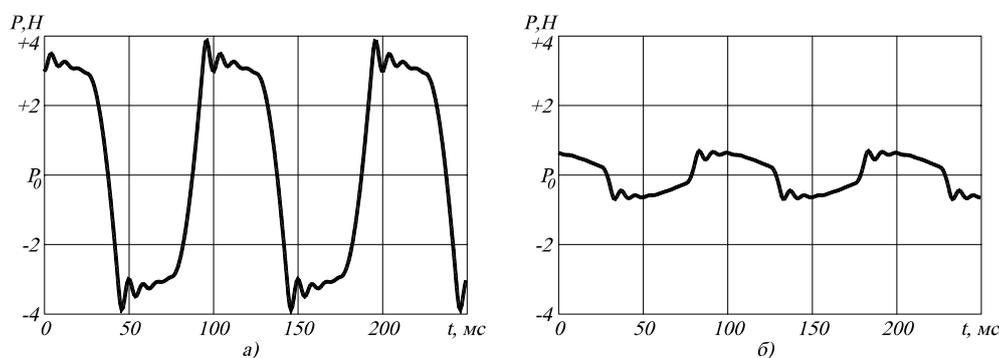


Рис. 3

Численное решение дифференциального уравнения, описывающего представленную выше динамическую модель, проводилось по методу Эйлера. Моделирование проводилось для рогульки РП-140, упругие постоянные паковки с хлопчатобумажной ровницей 300 текс были взяты из [1]. В качестве возмущающего воздействия примем гармоническую функцию, так как более

сложное воздействие можно разложить на сумму гармонических составляющих. Формы колебаний силы прижима лапки к паковке для рогульки РП-140 при среднем положении лапки приведены на рис. 3-а, а на рис. 3-б – для рогульки с вынесенной осью вращения лапки, и из-за меньшего радиуса опор с меньшей приведенной силой трения.

Моделирование показало, что амплитуда колебаний силы прижима лапки при частоте возмущающего воздействия, меньшего в 2-3 раза резонансной частоты системы, практически не зависит от амплитуды возмущающего воздействия, а определяется силой сухого трения лапки о рабочую ветвь.

Моделирование показало, что для типовой конструкции рогульки РП-140 при номинальной частоте вращения амплитуда колебаний силы прижима лапки составляет 10-30% от ее среднестатистического значения при различных положениях лапки и амплитуде возмущающего воздействия от 0,3 до 2мм с частотой до 30Гц. При меньшей силе трения амплитуда меньше, но только в области низких частот возмущающих воздействий.

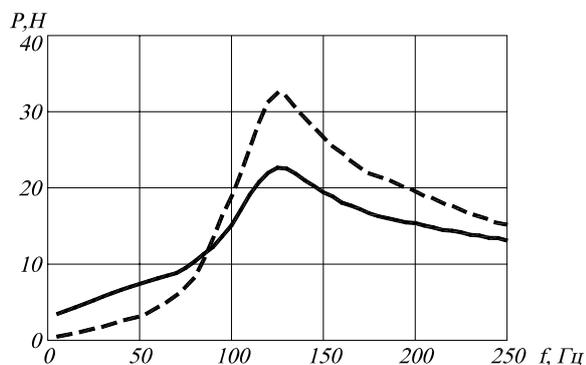


Рис. 4

На рис. 4 представлены амплитудно-частотные характеристики при различной силе трения (амплитуда возмущающего воздействия 1 мм). Видно, что уменьшение силы сухого трения лапки о рабочую ветвь рогульки приводит к уменьшению низкочастотных составляющих, но одновременно увеличивает рост высокочастотных составляющих в спектре колебаний силы прижима.

Таким образом, наличие сухого трения в опорах лапки приводит к возникновению нелинейных колебаний силы прижима, достигающих в ряде случаев до 10-30% от среднего значения. Данное явление было экспериментально обнаружено в [3], но ему не дано теоретического объяснения. В спектре колебаний наряду с основной частотой возмущающей силы появляются составляющие на резонансной частоте системы, что приводит к возникновению вибраций ветвей рогульки. С уменьшением силы сухого трения уровень низкочастотной составляющей колебаний силы прижима уменьшается, в связи с чем все современные высокоскоростные рогульки имеют вынесенную ось вращения лапки.

Предложенная модель позволяет оценить уровень колебаний силы прижима лапки и обоснованно подойти к выбору конструктивных размеров опор лапки, от которых зависит сила трения, с целью ограничения уровня этих колебаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанов С.Х. Разработка и исследование конструкций рогулек и закона регулирования частоты их вращения с целью повышения производительности ровничных машин. Дис...канд. техн. наук. – 1986.
2. Балабаев П.С., Соркин А.П. Влияние точности размеров лапки рогульки на стабильность ее силы прижима // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, 2004.
3. Соркин А.П. Нестационарные процессы наматывания ровницы и повышение эффективности крутильно-мотальных механизмов ровничных машин, Дис...докт. техн. наук. – 1988.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.