

УДК 677.017

ФРИКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

Х. А. АЛИМОВА, Р. З. БУРНАШЕВ, И. З. БУРНАШЕВ

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Фрикционные характеристики шелка-волокна и изделий из него (пряжи, тканей и трикотажа), существенно влияющие на технологический процесс переработки шелка, изучены недостаточно, особенно в отношении зависимости трибонических характеристик от условий трения: направления, давления и т. п.

Априорно полагаем возможность зависимости трения от расположения изучаемого участка на нити, что связано с условиями формирования нити гусеницами шелкопряда и имеет тенденцию к снижению в направлении от начала к концу нити, а также от направления движения оси волокна относительно трущейся поверхности — вдоль, под углом или поперек, что связано с рельефом микронеровностей сечения волокон.

Трение зависит и от схемы реализации контакта нити с рабочими органами машин или паковки.

С учетом этого нами принята известная схема, по которой шелковая нить толщиной 300...320 текс огибает цилиндрическую поверхность диаметром 50 мм под углом π радиан (180°). Цилиндр стальной из качественной стали 50 термообработанный и полированный до $R_z = 1,25 \dots 2,5$ мкм.

Выбор толщины нити обусловлен тем, что в опытах при трении поперек волокон использовалась нить, состоящая из стержня и нагонной нити с большой круткой, угол подъема витков которой довольно значительный и практически не отличается от $\pi/2$.

Нить на цилиндре представляла геодезическую форму — один конец нити имел постоянное заданное натяжение 5, 10, 15, 20 сН, а другой нагружался до трогания с места. Таким образом определялось трение в одном направлении, после чего опыты повторялись путем нагружения другого конца постоянной нагрузкой P_0 , а первого — переменной P .

Используя формулу Эйлера

$$P = P_0 \exp(\mu\varphi) = P_0 \exp(\mu\pi) \quad (1)$$

и логарифмируя (1), имеем

$$\mu = \pi^{-1} \ln(P/P_0), \quad (2)$$

то есть для расчетов μ достаточно иметь натяжения P и P_0 — соответственно ведущей и ведомой ветвей нити.

В табл. 1 приведены результаты эксперимента. Как видно, с увеличением нагрузки (давления на цилиндрическую поверхность) коэффициент трения устойчиво снижается в 1,45...1,66 раз по экспоненциальной функции (рис. 1). Коэффициент трения вдоль волокон устойчиво превышает таковой поперек волокон, что, по-видимому, связано с изменением общей площади контакта и возможным частичным переходом трения скольжения в трение качения. Трение волокна в различных направлениях движения (варианты 1...4) изменяется в пределах от 0,57% до 4,68%, что соизмеримо с доверительной оценкой

Таблица 1

Варианты	Минимальное натяжение, сН	μ^*		
		1	2	3
Трение вдоль волокон				
1	5	0,4379	0,4354	0,4367
2	10	0,3520	0,3520	0,3460
3	15	0,2646	0,2525	0,2584
4	20	0,2648	0,2604	0,2626
Трение поперек волокон				
5	5	0,3381	0,3330	0,3355
6	10	0,2636	0,2571	0,2603
7	15	0,2468	0,2370	0,2419
8	20	0,2312	0,2300	0,2306

* 1 — движение назад; 2 — движение вперед; 3 — среднее значение.

средней выборки, варьируемой в интервале $\pm 1,57\% \dots \pm 2,07\%$. В то же время во всех экспериментах трение в направлении формирования нити меньше, чем в обратном направлении.

Рассмотренные свойства шелка необходимо учитывать во многих процессах, в частности, при его штапелировании, когда напряжения резки волокна напрямую связаны с коэффициентом трения.

Особого анализа требует снижение значений коэффициента трения μ с увеличением натяжений P_0 и P , а следовательно, и нормального давления на контактирующую поверхность.

С одной стороны, это объясняется тем, что с повышением давления интенсифицируется разрушение острых граней микронеровностей, преимущественно состоящих из серицина, на поверхности фибринового волокна. С другой стороны, причиной может быть значительный коэффициент α цепкости в формуле трения согласно Кулону:

$$F_{\text{тр}} = \alpha + \mu N. \quad (3)$$

Однако характер кривых на рис. 1 свидетельствует скорее о первой причине как основной, не исключая и вторую, что нетрудно учесть, выделяя α при расчетах.

И, наконец, о трении в произвольном направлении относительно

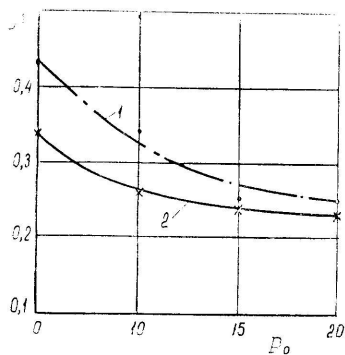


Рис. 1.

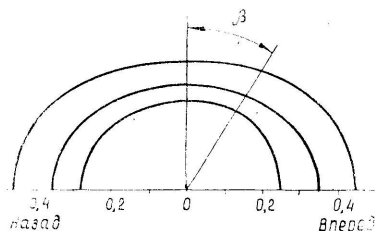


Рис. 2.

волокон (например, полагая крутка нити). Эти параметры легко вычислить на основании рис. 2. Откладывая заданный угол β (относительно оси нити), всегда легко найти реальный коэффициент трения в заданном направлении, причем достаточно воспользоваться полуэллипсом для достижимой в номограмме точности.

Данные табл. 1 могут служить базой для расчета коэффициентов закона Кулона, полагая, что

$$\alpha = \alpha' \pi r, \quad (4)$$

где α' — коэффициент сцепления пары шелк — сталь в расчете на единицу длины;

r — радиус огибаемой поверхности.

Если предположить независимость составляющих трения α' и μ , то натяжение ведущей ветви P от натяжения ведомой P_0 можно выразить соотношением

$$P = (P_0 + \alpha' \pi r / \mu) \exp(\mu \pi) - (\alpha' \pi r / \mu), \quad (5)$$

а два неизвестных параметра найти из табл. 2, перебирая попарно варианты 1..4 или 5..8 (достаточно трех из возможных шести комбинаций, так как остальные дают тождественные результаты).

Таблица 2

Варианты	Натяжение (эксперимент)		Расчетные значения P
	P_0	P	
1	5	19,7	19,5
2	10	24,7	31,3
3	15	33,8	43,2
4	20	45,6	55,0
5	5	14,2	15,5
6	10	22,6	26,0
7	15	31,1	36,6
8	20	41,3	47,1

Примечание. Для вариантов 1..4 средние значения $\alpha = 7,6$ сН; $\alpha' = 96,8$ сН/м и $\mu_K = 0,275$; для вариантов 5..8 соответственно имеем 4,9 сН; 62,4 сН/м и 0,238.

Если μ и α — почти постоянны в вариантах расчетов, то закон Амонтона работает хорошо. Наша практика показывает удовлетворительное совпадение (5) с реальной картиной трения и возможности применения (3) в задачах взаимодействия шелка с технологическими элементами машин.

ВЫВОДЫ

1. Коэффициент трения шелка по стали (согласно закону Амонтона) снижается от 0,4367 до 0,2662 (вдоль волокон) и от 0,3355 до 0,2306 (поперек волокон) с увеличением давления и изменением натяжения нити от 5 до 20 сН при угле π охвата.

2. По закону Кулона коэффициент трения μ_K практически мало

изменяется от давления и зависит от направления движения ($\mu_k = 0,275$ — вдоль и $\mu_k = 0,238$ — поперек волокон при коэффициентах цепкости α соответственно 96,8 и 62,4 сН/м).

Рекомендована кафедрой технологии шелка. Поступила 01.07.96.
