

**УСТАНОВИВШЕЕСЯ ДВИЖЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ НИТИ
С ДВУМЯ ТОЧКАМИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ
ПО ШЕРОХОВОЙ ПЛОСКОСТИ**

В. Н. ВАСИЛЬЧЕНКО, В. Ю. ЩЕРБАНЬ, Ц. В. АПОКИН

(Киевский технологический институт легкой промышленности)

Поперечное скольжение нити по поверхности при угле θ геодезического отклонения [1, с. 40], близком или равном 90° , наблюдается при взаимодействии основных и уточных нитей в процессе приобоя, особенно в зоне шпартуток.

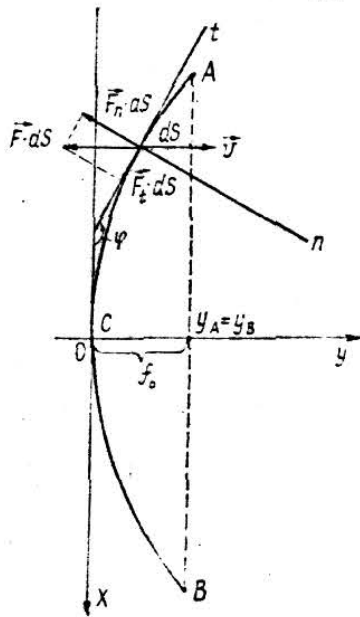


Рис. 1.

Пусть гибкая нить длины L и линейной плотности μ_0 закреплена в точках A и B (рис. 1), которые имеют одинаковые ординаты, то есть $y_A = y_B$. Предположим, что шероховатая горизонтальная поверхность, на которой покоилась нить ACB , начала двигаться с постоянной скоростью v . Под действием сил трения (рис. 1) нить расположится в горизонтальной плоскости. Принимая закон трения по Амонтону, находим фигуру равновесия и натяжение нити в любой ее точке.

На каждый элемент нити dS действуют силы трения $\bar{F}dS$ и нормальная реакция горизонтальной плоскости $\bar{N}ds$. Разложим силу трения на касательную $F_t dS$ и нормальную $F_n dS$ составляющие:

$$F_t dS = F dS \sin \varphi = F dS y' / \sqrt{1 + y'^2}; \quad (1)$$

$$F_n dS = F dS \cos \varphi = F dS / \sqrt{1 + y'^2},$$

где φ — угол наклона касательной к оси x (рис. 1);

y' — скорость изменения ординаты y в зависимости от изменения абсциссы x .

Натуральные уравнения равновесия нити согласно [1, с. 16]:

$$\begin{aligned} [(1 + \alpha T) / \mu_0] dT / dS - F_t &= 0 \\ [(1 + \alpha T) / \mu_0] (T / \rho) - F_n &= 0, \\ N - \mu_0 g &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где α — удельное относительное удлинение нити;

T — натяжение нити;

S — дуговая координата, измеряемая вдоль нити от произвольно выбранного начала отсчета;

ρ — радиус кривизны нити;
 g — ускорение свободного падения;
 N — нормальная реакция плоскости.

Полагая нить нерастяжимой, $\alpha=0$ и принимая во внимание

$$F = kN,$$

где k — коэффициент трения, преобразуем (2) с учетом (1):

$$dT/dS = \mu_0 g k y' / \sqrt{1+y'^2}; \quad (3)$$

$$T/\rho = \mu_0 g k l / \sqrt{1+y'^2}; \quad (4)$$

$$N = \mu_0 g. \quad (5)$$

Решая (3) и (4), получаем [1, с. 29]:

$$y = h [\operatorname{ch}(x/h) - 1], \quad (6)$$

где

$$h = T_0 / \mu_0 g k; \quad (7)$$

T_0 — натяжение нити в вершине цепной линии (6).

Таким образом, при установившемся движении по шероховатой плоскости гибкая нить с двумя точками закрепления расположится по цепной линии. Сравнивая (6) и уравнение траектории нерастяжимой нити в поле сил тяжести [2], отмечаем, что они отличаются только параметром h цепной линии.

Определим натяжение нити, для чего (3) представим в виде

$$dT = \mu_0 g k y' \sqrt{1+y'^2} dx / \sqrt{1+y'^2}.$$

После упрощения и интегрирования получим

$$T = \mu_0 g k y + C,$$

где C — произвольная постоянная.

При $y=0$ и $C=T_0$

$$T = \mu_0 g k y + T_0. \quad (8)$$

Подставляя сюда значение T_0 из (7), имеем

$$T = \mu_0 g k (y + h).$$

Согласно выражению из [2]

$$S = h \operatorname{sh}(x/h).$$

При $S=0,5L$ и $x=x_A$ получим $0,5L = h \operatorname{sh}(x_A/h)$.

Разложим гиперболический синус в ряд и возьмем первые два члена разложения

$$0,5L = h(x_A/h) + (x_A^3/6h^3),$$

откуда

$$h = \sqrt{x_A^3 / (3L - 6x_A)}. \quad (9)$$

Натяжение нити в точках A и B :

$$T_A = T_B = \mu_0 g k (f_0 + h),$$

где f_0 — стрелка провеса (рис. 1).

С учетом (9)

$$T_A = \mu_0 g k [f_0 + \sqrt{x_A^3 / (3L - 6x_A)}]. \quad (10)$$

После экспериментального определения T_A находим величину коэффициента трения, для чего (10) представляем в виде

$$k = T_A / \mu_0 g [f_0 + \sqrt{x_A^3 / (3L - 6x_A)}].$$

Уравнения (6) и (10) применимы только для комплексных нитей, изгибной жесткостью которых можно пренебречь [3].

ВЫВОДЫ

1. При установившемся движении по шероховатой горизонтальной плоскости гибкая нить с двумя точками закрепления располагается по цепной линии.

2. Предложен способ определения коэффициента трения при установившемся движении гибкой нити по шероховатой горизонтальной плоскости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шедров В. С. Основы механики гибкой нити. — М.: Машгиз, 1961.
2. Меркин Д. Р. Введение в механику гибкой нити. — М.: Наука, 1980, с. 46—48.
3. Васильченко В. Н. Роль жесткости на изгиб в процессе формирования ткани. — Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 1975, № 5, с. 76—79.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики. Поступила 19.IV.1984 г.