

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ПЕТЛИ КОМБИНИРОВАННОЙ ФАСОННОЙ НИТИ

Коган А.Г., Москалев Г.И.

Способ получения комбинированных фасонных нитей, основанный на применении полых веретен, позволяет вырабатывать пряжу со скоростью выпуска 20...50 м/мин разного ассортимента, с использованием различных по составу компонентов с формированием выпускной паковки массой 1,2...1,5 кг. /1/

Особенностью данного способа является использование в качестве механизма формирования эффектов (петель) аэродинамического устройства эжекционного типа, которое позволяет управлять процессом формирования петли.

Для реализации процесса формирования необходимо разработать математическую модель и теоретически определить радиус петли.

Радиус винтовой линии деформируемой нити и, соответственно, радиус образующейся петли при воздействии на нить только крутящего момента, передаваемого от полого веретена, можно определить по следующей формуле /2/:

$$R = \frac{EI}{M}; \quad (1)$$

где R - радиус образующейся петли, м; EI - жесткость нити на изгиб, Нм; M - крутящий момент, Нм.

При увеличении крутящего момента радиус образующейся петли, как это видно из уравнения (1) уменьшается по линейному закону.

Однако, определение радиуса петли по формуле (1) является не точным вследствие того, что кроме крутящего момента к стержню приложена внешняя сжимающая сила F от потока сжатого воздуха. Схема нагружения стержня представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема нагружения стержня крутящим моментом M и сжимающей силой F .

уравнение, теоретически определяющее условие потери устойчивости закручиваемого стержня, было предложено проф. С. Тимошенко /3/:

$$\frac{M^2}{4(EI)^2} - \frac{F}{EI} = \frac{\pi^2}{L^2}, \quad (2)$$

где M —крутящий момент, действующий на стержень, Нм ; EI —жесткость стержня на изгиб, Нм ; F —нагрузка, растягивающая стержень, Н ; L —скручиваемая (зажимная) длина стержня, м .

При изменении направления действия силы F (применительно к рассматриваемому случаю нагружения: сила F —сжимающая сила) второе слагаемое в уравнении (2) меняет свой знак на противоположный. И, следовательно, становится дополнительным усилием, вызывающим потерю устойчивости стержня.

Из уравнения (2) следует, что образование сукрутины или петли из нагонной нити (потеря устойчивости нити) должно происходить, когда в скручиваемой при заданной силе давления воздушного потока F нити достигается критическое значение крутящего момента. Кроме того, можно сделать вывод, что образование петли может происходить при действии лишь одной из двух силовых составляющих уравнения (2): либо крутящего момента M , либо сжимающей силы F .

Увеличение силы давления F воздушного потока и, соответственно, силы сжатия нити линейно снижает необходимое критическое значение момента M , приводящего к потере устойчивости нити (стержня). Таким образом, дополнительное силовое воздействие на нагонную нить облегчает закручивание нити и формирование петли.

Определим радиус образующейся петли в случае нагружения стержня крутящим моментом и сжимающей силой.

Момент M , вызывающий изгиб стержня и образование петли складывается согласно схеме нагружения, представленной на рис. 1 из двух моментов: крутящего и изгибающего. Векторное сложение этих двух составляющих дает суммарный изгибающий момент:

$$\overline{M} \max = \overline{M}(M) + \overline{M}(F) \quad (3)$$

Согласно схеме нагружения, $M_{\text{изг}}(F)$ имеет вид:

$$M_{\text{изг}}(F) = 2 * F * R; \quad (4)$$

где F — нагрузка, сжимающая стержень. Таким образом, скалярное значение $M_{\text{изг}}$ принимает выражение:

$$M_{\text{изг}} = M_{\text{кр}} + 2 * F * R \quad (5)$$

Подставляя уравнение (5) в уравнение радиуса петли (1), получаем:

$$R = \frac{EJ}{M} = \frac{EJ}{M_{\text{кр}} + 2FR} \quad (6)$$

Из уравнения (6) получаем:

$$2 * F * R^2 + M * R - EJ = 0 \quad (7)$$

Решение данного квадратного уравнения (7) определяет радиус петли фасонной нити:

$$R = \frac{\sqrt{M_{\text{кр}}^2 + 8FEJ}}{4F} - \frac{M_{\text{кр}}}{4F} \quad (8)$$

Но в уравнении (8), определяющем значение радиуса петли, величина крутящего момента M и сжимающей силы F являются неизвестными. Поэтому прежде всего необходимо выразить их через известные параметры технологического процесса.

В частности, величину крутящего момента удобнее всего выразить через крутку полого веретена.

Сила тяги F в аэродинамическом устройстве определялась экспериментально по схеме, предложенной Г.Г. Павловым /4/. В результате проведенных исследований были получены экспериментальные зависимости крутящего момента M и силы F , представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Зависимость крутящего момента от крутки полого веретена

Крутка, кр/м	Крутящий момент, $H^*m, 10^{-4}$
20	0,24
100	1,72
200	4,48
300	7,96
400	12,15
500	17,29
600	23,06

Таблица 2. Зависимость силы F от давления сжатого воздуха

Давление в форсунке, МПа	Значение силы F, H
0,05	0,027
0,10	0,048
0,15	0,063

Для проверки формулы (8) были наработаны варианты фасонных нитей. Характеристики использовавшихся компонентов, режимы технологического процесса и результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики используемых компонентов	Режимы техпроцесса			Рад. петли	
	коэфф. нагона	крутка веретена	давление сжатого воздуха	расч. мм	факт. м
1. Стержневой компонент - полиамидная комплексная нить 15,6 текс	2,0	400кр/м	0,07МПа	0,41	0,38
2. Нагонный компонент - полиэфирная комплексная нить 12*6 текс	2,0	500кр/м	0,07МПа	0,29	0,25
3. Закрепительный компонент - полиэфирная комплексная нить 12 текс	2,0	600кр/м	0,07МПа	0,22	0,18

Полученные результаты позволяют предположить, что формула определения радиуса петли фасонной нити является приемлемой для практического использования.

Кроме того, поскольку предлагаемое уравнение легко поддается верификации, то появляется возможность прогнозирования размеров эффектов фасонной нити.

ВЫВОДЫ

1. Разработана теоретическая модель формирования комбинированных фасонных нитей с использованием полого веретена и аэродинамического устройства.
2. Теоретически установлено влияние крутящего момента и силы тяги сжатого воздуха на размер петли фасонной нити.

Литература:

1. Коган А.Г. Производство комбинированной пряжи и нитей. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.-143с.
2. Бицено К.Б., Граммель Р. Техническая динамика Т.1.: Государственное издательство технико-теоритической литературы, 1950.-900 с.
3. Зарецкас С.-Г. С. Механические свойства нитей при кручении.-М.: Легкая индустрия, 1979. -184 с.
4. Павлов Г.Г. Аэродинамика технологических процессов и оборудования текстильной промышленности.- М.: Легкая индустрия, 1975.- 152 с.