

SUMMARY

Method of calculation of mélange cotton-polyester twisted yarn breaking tenacity is developed. The basis of developed method is changed formulae for calculation of different yarns breaking tenacity taking into account particular qualities of structure of twisted yarns produced at machines with hollow spindles. Developed method can be used during mixing selection for new assortment of twisted mélange yarn.

УДК 677.022.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ БАЛЛОНИРУЮЩЕЙ НИТИ НА ПОЛОМ ВЕРЕТЕНЕ ПРЯДИЛЬНО- КРУТИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Н.Н. Бодяло

При формировании крученых нитей на прядильно-крутильных машинах скручиваемые стренги находятся в принципиально различных условиях. Натяжение выпрядаемой стренги определяется соотношением скоростей выпускной и оттяжной пар, укруткой нити, натяжением, передаваемым выпрядаемой стренге прикручиваемой стренгой. Натяжение прикручиваемой стренги зависит от места в сматываемом слое, стадии сматывания на початке и частоты вращения веретен [1]. Неравномерное натяжение выпрядаемой стренги вызывает неравномерное набегание стренги, сходящей с початка, и частичное обвивание ею выпрядаемой стренги. В результате крученая нить приобретает «штопорную» структуру, что приводит к снижению ее прочности. С целью уменьшения «штопорности» крученой нити и улучшения ее физико-механических показателей большое внимание следует уделять правильному выбору натяжения скручиваемых стренг. Для этого в первую очередь необходимо уметь его определять.

Для определения натяжения баллонирующей прикручиваемой стренги рассмотрим процесс сматывания нити с равномерно вращающейся паковки как установившееся вращательное движение с постоянной угловой скоростью ω . На участке от бобины до шпинделя веретена комбинированная нить в результате вращения образует баллон высотой L (рис. 1).

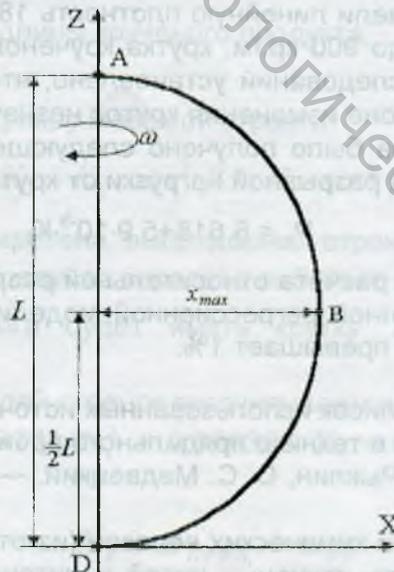


Рисунок 1 - Схема движения баллонирующей нити

Силу натяжения баллонирующей нити можно определить, используя методы дифференциальной геометрии. Дифференциальные уравнения равновесия баллонирующей нити в проекциях на координатные оси [2] имеют вид:

$$\frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{F_i}{f_i} \frac{dx_i}{dS_0} \right) + X = 0$$

$$\frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{F_i}{f_i} \frac{dy_i}{dS_0} \right) + Y = 0$$

$$\frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{F_i}{f_i} \frac{dz_i}{dS_0} \right) + Z = 0$$

$$\left(\frac{dx_i}{dS_0} \right)^2 + \left(\frac{dy_i}{dS_0} \right)^2 + \left(\frac{dz_i}{dS_0} \right)^2 = f_i^2$$

где F_i – текущее значение натяжения баллонизирующей нити, Н;
 T – линейная плотность недеформированной нити, текс;
 X, Y, Z – проекции напряженности силы на декартовы оси координат;
 $f_i = T/T_i$ – деформация элемента нити в данный момент времени, т.е. отношение линейных плотностей нити в недеформированном и деформированном состоянии;

$$\frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{dx_i}{dS_0} \right) \quad \frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{dy_i}{dS_0} \right) \quad \frac{1}{T} \frac{d}{dS_0} \left(\frac{dz_i}{dS_0} \right)$$

- распределенные силы инерции в проекции на оси соответственно X, Y и Z .

Решение системы дифференциальных уравнений равновесия нити [2] позволяет определить силу натяжения нити в баллоне F в виде:

$$F = \frac{T \cdot 10^{-4} \omega^2 L^2}{\pi^2 n^2} \left[1 + 2 \frac{S-L}{L} \cos^2 \left(\frac{\pi n}{L} \cdot z \right) \right], \quad (2)$$

где $n=1, 2, 3, \dots$ - число ветвей баллона;

L – высота баллона, м;

S – длина баллонизирующей нити, м;

z – положение произвольной точки баллона в проекции на ось Z ;

ω – угловая скорость вращения нити (веретена), c^{-1} .

Для формы баллона, представленного на рис. 1, $n=1$. Тогда уравнение (2) будет иметь вид:

$$F = \frac{T \cdot 10^{-4} \omega^2 L^2}{\pi^2} \left[1 + 2 \frac{S-L}{L} \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} \cdot z \right) \right] \quad (3)$$

Чтобы определить длину баллонизирующей нити S необходимо описать ее форму математической моделью. В работе [3] рассмотрен процесс баллонирования нити при сматывании ее с равномерно вращающейся паковки и получено уравнение баллона в выбранной системе координат (рис.2):

$$x = (0,003587 * \exp(-l/0,017) + 0,000053) \frac{\omega^2}{2g} (l^2 - z^2), \quad (4)$$

где l – $1/2$ высоты баллона, м;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

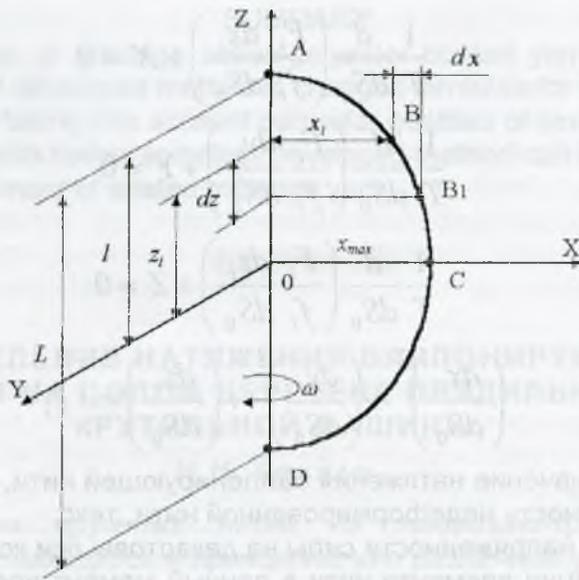


Рисунок 2 - Расчетная схема движения нити

Длину дуги полубаллона определяем по формуле [4]:

$$s = \int_0^l \sqrt{1 + (x')^2} dz \quad (5)$$

Учитывая, что [3]

$$dx = \frac{a\omega^2 z}{g} dz, \quad (6)$$

тогда получаем

$$s = \int_0^l \sqrt{1 + \left(\frac{a\omega^2}{g} z\right)^2} dz, \quad (7)$$

где a – безразмерный коэффициент.

Так как x' есть не что иное, как тангенс угла α между касательной к баллону в какой-либо точке и осью OZ, следовательно:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a\omega^2}{g} z; \quad (8)$$

$$z = \operatorname{tg} \alpha \frac{g}{a\omega^2}; \quad (9)$$

$$dz = \frac{g}{\cos^2 \alpha \cdot a\omega^2} d\alpha; \quad (10)$$

Подставляя (10) в выражение (5) получим:

$$s = \int_0^{\alpha_{\max}} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} \cdot \frac{g}{\cos^2 \alpha \cdot a\omega^2} d\alpha, \quad (11)$$

где α_{\max} – угол наклона касательной к баллону в месте входа нити в канал веретена к вертикали.

$$s = \frac{g}{a\omega^2} \int_0^{\alpha_{\max}} \frac{d\alpha}{\cos^3 \alpha}; \quad (12)$$

$$s = \frac{g}{2a\omega^2} \left[\frac{\sin(\alpha_{\max})}{\cos^2(\alpha_{\max})} + \ln \left(\frac{1}{\cos(\alpha_{\max})} + \operatorname{tg}(\alpha_{\max}) \right) \right], \quad (13)$$

Учитывая соотношение (8) и $z=l$ (рис.2), имеем

$$\alpha_{\max} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a\omega^2 \cdot l}{g} \right). \quad (14)$$

Подставляя значение α_{\max} в уравнение (13) можно рассчитать длину дуги полубаллона AC (рис. 2). Всю длину нити в баллоне ACD обозначим S . С учетом (13) она равна:

$$S = 2s = \frac{g}{a\omega^2} \left[\frac{\sin(\alpha_{\max})}{\cos^2(\alpha_{\max})} + \ln \left(\frac{1}{\cos(\alpha_{\max})} + \operatorname{tg}(\alpha_{\max}) \right) \right]. \quad (15)$$

Для определения длины нити в баллоне экспериментальным путем производили стробатахометрическую фотосъемку в момент, когда нить оказывается в плоскости, перпендикулярной оси объектива. Были сделаны фотоснимки формы баллонизирующей нити при сматывании ее с различных участков початка. В таблице 2 представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований длины нити в баллоне.

Таблица 2 - Результаты исследований длины нити в баллоне

Наименование показателя	Значения показателя						
Высота полубаллона l , м	0,030	0,042	0,049	0,055	0,060	0,065	0,069
Длина дуги баллона S , полученная экспериментально, м	0,082	0,101	0,113	0,124	0,134	0,140	0,148
Длина дуги баллона S , определенная теоретически, м	0,0818	0,1011	0,1124	0,1233	0,1313	0,1396	0,1463
Отклонение расчетных значений от фактических, %	0,2	0,1	0,5	0,6	2,1	0,3	1,2

Таким образом, результаты расчетов длины дуги баллона по формуле (15) отклоняются от полученных экспериментальным путем не более чем на 3%.

Теперь, зная длину дуги баллона, можно определить натяжение нити в любой точке баллона. Учитывая тот факт, что за счет действия аэродинамических сил натяжение нити в баллоне возрастает на 6-10% [1], внесем поправку в формулу (3), увеличив натяжение нити на 8%:

$$F = \frac{T \cdot 10^{-4} \omega^2 L^2}{\pi^2} \left[1 + 2 \frac{S-L}{L} \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} \cdot z \right) \right] \cdot 1,08. \quad (16)$$

На рисунке 3 представлена эпюра натяжения нити в баллоне. В точке В (рис.1), находящейся от оси ОХ на расстоянии $z=1/2L$ (абсцисса $x=x_{\max}$) нить испытывает минимальное натяжение, а максимальное – у вершины веретена и в точке сматывания ее с початка при $z=0$ и $z=L$. Тогда натяжение нити со стороны баллона в месте входа ее в канал веретена может определяться по формуле:

$$F = \frac{T \cdot 10^{-4} \omega^2 L^2}{\pi^2} \left[1 + 2 \frac{S-L}{L} \right] \cdot 1,08. \quad (17)$$

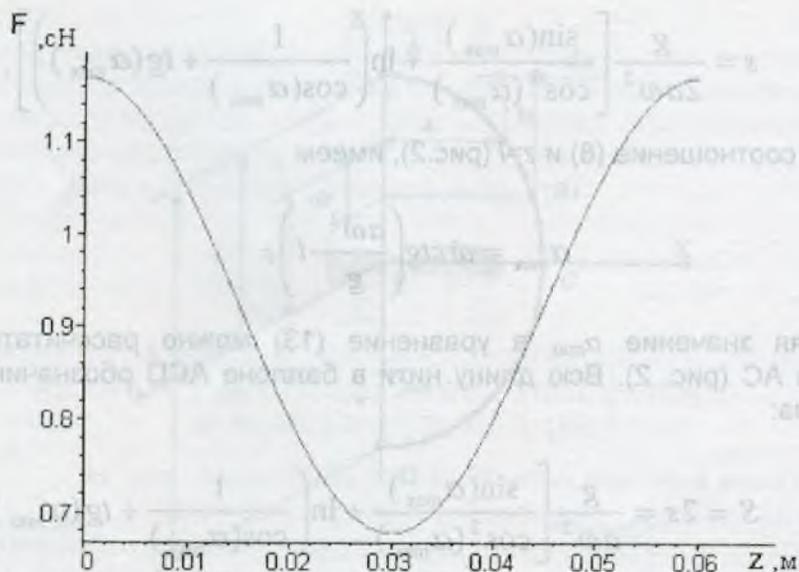


Рисунок 3 - Эпюра натяжения нити в баллоне

Произведя расчеты натяжения нити со стороны баллона используя выражение (17) установили, что стренга, сходящая с вращающегося початка в диапазоне высоты баллона 0,06-0,138 м, испытывает натяжение в месте входа ее в канал веретена в пределах 1-4 сН. Следовательно, для уменьшения «штопорности» крученой нити, формируемой на прядильно-крутильной машине, натяжение стренги, выходящей из вытяжного прибора, следует устанавливать 2-3 сН.

ВЫВОДЫ:

В результате экспериментальных и теоретических исследований разработана модель, позволяющая определить длину нити в баллоне.

Определена сила натяжения баллонизирующей нити в месте входа ее в канал веретена в исследуемом диапазоне высоты баллона.

Список использованных источников

1. Прядение хлопка и химических волокон (изготовление ровницы, суровой и меланжевой пряжи, крученых нитей и ниточных изделий) / И. Г. Борзунов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 392 с.
2. Основы механики нити / Ю.В. Якубовский [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 271 с.
3. Бодяло, Н.Н. Исследования процесса баллонирования нити на полом веретене / Н.Н. Бодяло, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган // Вестник УО «ВГТУ». – 2005. – № 8. – С. 21 - 25.
4. Гусак, А.А. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак. – Минск : Наука і тэхніка, 1991. – 480 с.

SUMMARY

The theoretical researches and tension of balloon of running combined polyester yarn about the hollow spindle are carried out. The mathematical model is developed which allows calculating ballooning combined yarn length. Deviations of theoretical dependences from experimental results are unsubstantial. Running yarn tension force before hollow spindle channel entrance is determined with using of developed theoretical model.