

УДК 677.022.3

**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ  
МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПРЯЖИ**

*Д.Б.РЫКЛИН*

(Витебский государственный технологический университет)

В связи с тем, что в настоящее время расширение ассортимента качественных текстильных изделий для отечественных предприятий становится необходимым условием стабильной эффективной работы, значительную часть вырабатываемой продукции составляют многокомпонентные пряжи. Сочетание разнородных волокон в пряже позволяет получить требуемые характеристики пряжи при допустимой ее стоимости.

Использование многокомпонентных сортировок требует новых подходов к прогнозированию свойств пряжи. В основе предлагаемой методики лежат модели свойств однородных пряж, разработанные на основании анализа структуры пряжи с учетом особенностей процесса ее формирования.

Известно, что прочность пряжи в значительной степени обусловлена давлением, оказываемым наружными растянутыми волокнами на внутренние волокна. Это давление определяется удлинением наружных волокон.

При слоистой структуре пряжи удлинение растянутых волокон в слое диаметром  $d$  можно определить с помощью выражения

$$\varepsilon = K_y \sqrt{1 + (\pi d K)^2} - 1, \quad (1)$$

где  $K_y$  – коэффициент укрутки;  $K$  – крутка, кр/м.

Рассчитанное по формуле (1) удлинение волокон наружного слоя значительно превышает фактическое значение, поэтому для прогнозирования свойств пряжи необходимо учитывать миграцию волокон по сечению пряжи, в результате чего различные его участки располагаются на различном расстоянии от оси пряжи.

Допустим, что вследствие миграции все растянутые волокна располагаются так, что растягивающее усилие, приходящееся на единицу их длины, одинаково для всех волокон. В соответствии с этим получена следующая формула для расчета среднего удлинения волокон в пряже:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{K_y}{6r_n^2 \pi^2 K^2} \left[ \left( 1 + (2\pi K r_n)^2 \right)^{3/2} - \left( 1 + (2\pi K r_n)^2 \right)^{3/2} \right] - 1 + \left( \frac{r_n}{r_n} \right)^2, \quad (2)$$

где  $r_n$  – радиус пряжи, м;  $r_n$  – радиус нейтрального слоя, м, рассчитываемый по формуле (1) при  $\varepsilon=0$ .

Полученная формула позволяет определить среднее удлинение волокон в пряже при формировании. При рассмотрении процесса разрыва необходимо иметь в ви-

ду, что из-за удлинения участка пряжи крутка его уменьшается, от крутки также изменяется и усадка.

Введем понятие коэффициента укрутки при разрыве  $K_{ур}$ , равного отношению длины разрываемого участка к длине мычки,

из которой сформирован рассматриваемый участок.

Для расчета данного коэффициента получена следующая формула:

$$K_{ур} = \frac{1 + \lambda \varepsilon_p}{2} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{2\pi K K_y r_{п}}{1 + \lambda \varepsilon_p} \right)^2} \right], \quad (3)$$

где  $\varepsilon_p$  – разрывное удлинение волокна;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий неравномерность волокон по свойствам.

Известно, что количество разрывающихся волокон в сечении пряжи зависит от длины скольжения, то есть от длины конца волокна, при скольжении которого в пряже возникает сила трения меньшая, чем его разрывная нагрузка.

Рассчитаем длину скольжения волокна по формуле

$$l_{ск} = \frac{1}{2\pi f K_p \sqrt{\frac{K_{ур}^2}{(\lambda \varepsilon_p + 1)^2} - \frac{K_{ур}^4}{(\lambda \varepsilon_p + 1)^4}}}, \quad (4)$$

где  $f$  – коэффициент трения волокна по волокну.

Зная количество волокон в сечении участка пряжи  $m$  и диаграмму распределения волокон по классам длины, определим количество  $m_{разр}$  разрывающихся и  $m_{ск}$  проскальзывающих волокон в сечении пряжи:

$$m_{разр} = m \left( 1 - 2 \sum_k \frac{l_{ск}}{l_{вк}} x_k \right), \quad (5)$$

$$m_{ск} = 2 \sum_k \frac{l_{ск}}{l_{вк}} x_k m, \quad (6)$$

где  $x_k$  – доля волокон  $k$ -го класса длины;  $l_{вк}$  – длина волокна  $k$ -го класса.

С учетом наклона волокон относительно оси пряжи усилие, затрачиваемое на разрыв:

$$P'_{пр} = (m_{разр} P_v + m_{ск} F) \frac{\lambda K_{ур}}{1 + \lambda \varepsilon_p}. \quad (7)$$

Поскольку сила трения пропорциональна длине проскальзывающей части волокна, средняя сила трения на длине скольжения равна половине разрывной нагрузки волокна. Тогда разрывная нагрузка участка пряжи:

$$P'_{пр} = m \left( 1 - \sum_k \frac{l_{ск}}{l_{вк}} x_k \right) \frac{\lambda K_{ур}}{1 + \lambda \varepsilon_p} P_v. \quad (8)$$

Для определения разрывной нагрузки пряжи необходимо знать количество волокон в месте разрыва. Если известен или заранее задан градиент внешней неровности исследуемой пряжи, то можно рассчитать внутреннюю неровность для отрезков длиной 500 мм:

$$C_v = \sqrt{C_v^2(0,2) - C_v^2(500)}, \quad (9)$$

где  $C_v(0,2)$  и  $C_v(500)$  – соответственно коэффициент вариации по линейной плотности на отрезках длиной 0,2 и 500 мм.

Принимая закон распределения количества волокон в сечении близком к нормальному, при доверительной вероятности 0,955 можно утверждать, что все значения случайной величины отклоняются от среднего значения на величину, не большую двух  $\sigma$ .

Допустим, что средняя относительная разрывная нагрузка пряжи определяется прочностью наиболее слабого участка на отрезке длиной 500 мм, средняя линейная плотность которого равна заданной линейной плотности пряжи. Тогда количество волокон в месте разрыва:

$$m_{\max(\min)} = \bar{m} (1 \pm 2C_v / 100), \quad (10)$$

где  $\bar{m}$  – среднее количество волокон в сечении пряжи.

Для определения разрывной нагрузки пряжи необходимо проводить расчеты как для утолщений, так и для утонений пряжи,

принимая во внимание различия в значениях крутки и коэффициента укрутки.

Полученные формулы позволяют прогнозировать разрывную нагрузку однородной пряжи. Для расчета свойств многокомпонентных пряж в модели был внесен ряд дополнений. В разработанной методике кривые растяжения каждого компонента рассматриваются как прямые. Предполагается, что разрыв многокомпонентной пряжи может произойти только в тот момент, когда одновременно разрываются волокна одного из компонентов, а прочность оставшихся волокон недостаточна для преодоления приложенной нагрузки.

Рассмотрим растяжение двухкомпонентной пряжи как одновременное растяжение двух различных компонентов, прочности которых равны соответственно  $P_1$  и  $P_2$ , а для разрывных удлинений справедливо неравенство

$$\lambda_1 \varepsilon_{p1} < \lambda_2 \varepsilon_{p2}. \quad (11)$$

При удлинении волокон, равном  $\lambda_1 \varepsilon_{p1}$ , первый компонент разрывается под действием приложенной силы, которая с учетом

наклона волокон к оси пряжи рассчитывается по формуле

$$P_{\text{разр1}} = \left( P_1 + P_2 \frac{\varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{p2}} \right) \frac{\lambda_1 K_{yp1}}{1 + \lambda_1 \varepsilon_{p1}}. \quad (12)$$

Практически мгновенно эта сила распределяется на второй компонент. Прочность пряжи равна  $P_{\text{разр1}}$ , если выполняется условие

$$\left( P_1 + P_2 \frac{\varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{p2}} \right) \lambda_1 > P_2 \lambda_2. \quad (13)$$

В противном случае относительная разрывная нагрузка пряжи определяется по формуле

$$P_{\text{разр2}} = P_2 \frac{\lambda_2 K_{yp2}}{1 + \lambda_2 \varepsilon_{p2}}. \quad (14)$$

Разработанная методика может быть использована для прогнозирования относительной разрывной нагрузки пряжи с любым количеством компонентов.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Параметры	Значение	
		1	Состав пряжи
2	Крутка, кр/м	920	850
3	Линейная плотность волокна, текс	хлопок – 0,159 п/эф – 0,17	хлопок – 0,159 ПАН – 0,22
4	Длина волокна, мм	хлопок – 31/32 п/эф – 35	хлопок – 31/32 ПАН – 38
5	Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс	хлопок – 24,0 п/эф – 60	хлопок – 24,0 ПАН – 28,7
6	Относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс: расчетная (в зависимости от $\lambda$ ) фактическая	11,3 – 12,0 11,7	10,6 – 11,2 10,8

В табл. 1 приведены сравнительные результаты расчетов относительной разрывной нагрузки хлопконитроновой и хлопкополиэфирной пряж линейной плотности 18,5 текс с использованием специально разработанной программы на ЭВМ и производственные данные Гродненского РУПП "Гронитекс", подтверждающие справедливость предлагаемой методики.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, позволяющая рассчитывать относительную разрывную нагрузку многокомпонентных пряж с учетом физико-механических свойств волокон, линейной плотности, крутки и неровности пряжи по линейной плотности.

2. При проверке методики показано совпадение результатов расчетов с данными текстильных предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Корицкий К.И.* Инженерное проектирование текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1971.

2. *Рыклин Д.Б., Козан А.Г.* Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей: Монография. – Витебск: УО «ВГТУ», 2002.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 02.12.04.

---