

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ

К.Э. РАЗУМЕЕВ, Н.А. МАСЛОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Известно, что для производства пряжи заданной линейной плотности и назначения необходимо выбирать сырье с такими свойствами волокон, которые при данных условиях обеспечат требуемое качество пряжи и ее наименьшую себестоимость. При этом выбираются компоненты смеси, обеспечивающие решение названных выше задач производства. Если компоненты смеси будут выбраны неправильно, то даже при эффективном смешивании неровнота волокон смеси может оказаться выше неровноты ее компонентов, что приведет к возникновению неровноты полуфабрикатов при формировании ленты и ровницы в процессе вытягивания, а также к повышению обрывности пряжи. В то же время при правильном выборе компонентов смеси можно искусственно повысить средние значения характеристик показателей свойств волокон и уменьшить или оставить без изменения их неровноту.

В настоящей статье рассматриваются некоторые аналитические зависимости, полезные для решения поставленных задач.

Известно [1], что одним из факторов, влияющих на прядильную способность волокна, является неровнота самой пряжи, а именно: чем выше неровнота, тем менее устойчив процесс прядения и более вероятно возникновение обрыва. При этом минимальная неровнота, достижимая в пряже, может быть получена при условии, что количество волокон в поперечном сечении пряжи согласуется с распределением Пуассона. Для такой пряжи в зарубежной научной литературе принят термин *gandom* (случайная величина). В отечественной литературе ее принято называть гипотетической или идеальной.

Для случая, когда распределение числа  $n$  волокон в сечении пряжи является пуас-

соновским, это распределение имеет вид:

$$p(n) = \frac{N^n}{n!} \exp(-N), \quad (1)$$

где  $n$  – текущее число волокон в сечении пряжи;  $N$  – среднее число волокон в сечении пряжи.

Для этого распределения коэффициент вариации числа волокон в сечении равен:

$$CV = 100(1 + 0,0001CV_d^2) / \sqrt{N}. \quad (2)$$

Для тонкой пряжи, как показывают экспериментальные исследования, фактическое распределение волокон по поперечным сечениям весьма близко к пуассоновскому распределению.

Сравнение фактического коэффициента вариации испытываемой пряжи с теоретической величиной, полученной по формуле (2), выполненное в [2], показало очень хорошее совпадение расчетного и экспериментального ряда значений.

Сравнение экспериментальной и расчетной величин коэффициента вариации осуществлено в [1], где показано, что различие не превышает двух десятых процента. Отметим, что такое совпадение свидетельствует, что технологический процесс выполняется достаточно эффективно, то есть на пределе величины равномерности пряжи.

Рассмотрим влияние неровноты пряжи на ее прядимость. То, что коэффициент вариации пряжи оказывается минимально возможным, является благоприятным для протекания технологического процесса. Однако неизвестно, каким образом весьма тонкая пряжа выдерживает реальные нагрузки при наличии, с одной стороны, малого числа волокон в сечении (около

38...42), а с другой стороны – весьма заметного коэффициента вариации (около 16%).

Принимая, что фактическое число волокон в поперечном сечении пряжи может достигнуть минимального значения, равного  $N-3,6\sqrt{N}$ , произведем реальные вычисления, положив, что среднее число волокон в сечении пряжи  $N = 38$ . Результат вычислений таков, что минимально возможное число волокон в сечении пряжи равно 16.

Таким образом, процесс прядения должен осуществляться устойчиво и при весьма малом числе волокон в поперечном сечении пряжи. Это показывает, что, по крайней мере, в отношении неравномерности пряжи (с непсами дело обстоит несколько иначе) применяемая технология отвечает всем требованиям, которые могут быть к ней предъявлены. При этом не существует практически никакого дополнительного запаса (или так называемого резерва) в отношении неровноты пряжи по числу волокон.

Отметим также, что формула (1) дает нижнюю оценку числа волокон в поперечном сечении пряжи, необходимого для ее выработки с хорошими качественными показателями и при достаточном уровне технологичности процесса. Величина требуемого запаса прядильной способности (в отечественной литературе часто называемая резервом) остается неопределенной. Под вопросом остается и сама целесообразность наличия такого запаса.

Обсудим теперь проблему прядомости. С этой целью выберем некоторый перечень показателей качества, а затем определим, каким образом эти показатели можно интегрировать (рассматривать в совокупности). Это необходимо для получения одного показателя, по которому можно сразу определять прядильную способность волокна.

Рассмотрим следующий набор показателей: относительная разрывная нагрузка, удлинение, коэффициент вариации по линейной плотности, факторы, определяющие внешний вид пряжи (толстые и тонкие места, непсы), факторы, определяющие

характеристики самого процесса переработки – обрывность в прядении и кручении.

Самый простой интегрированный показатель качества пряжи имеет вид:

$$S = \sum d_i = \sum \frac{x_i}{x_{in}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $x_i$  –  $i$ -й показатель качества пряжи;  $x_{in}$  – номинальное значение  $i$ -го показателя качества пряжи;  $d_i$  –  $i$ -я мера неровноты пряжи по выбранному показателю ее качества.

Этот или подобный ему показатель может лечь в основу экспериментальной оценки прядильной способности волокна.

Таким образом, прядильная способность может быть определена отдельно для каждого предприятия, имеющего определенный уровень технологического процесса.

Рассмотрим теперь взаимосвязь между полученными результатами и процессом обрывности в прядении. Выше было принято, что вариация линейной плотности пряжи соответствует случайному процессу Пуассона [1], поэтому в дальнейшем будем использовать свойства именно этого распределения.

Оценим вероятность наступления обрыва при невысокой обрывности, которая характерна для промышленности в развитых странах.

Примем среднюю величину обрывности 15 обр на 100 веретен/ч. Пусть скорость выпуска равна 16 м/мин. Тогда длина пряжи, выпущенная за 1 ч 100 веретенами, равна 100000 м. Будем считать, что обрыв – событие, относящееся к длине пряжи, равной средней длине волокна (60...65 мм). Это означает, что вероятность обрыва составляет  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . При этом минимальное число волокон в сечении, при котором может произойти обрыв, оказывается намного меньше среднего числа волокон в сечении. Соотношение между минимальным и средним числом волокон в сечении составляет величину порядка 40...50%.

Таким образом, реальное число волокон, при котором происходит разрыв, для

тонкой пряжи составляет 15...16. Это подтверждает известный факт о том, что неровнота пряжи оказывает дополнительное влияние на обрывность.

## ВЫВОДЫ

1. На основе пуассоновской модели рассмотрена задача взаимосвязи основных свойств хлопчатобумажного волокна и свойств пряжи (неровноты).

2. Сформулирован критерий качества пряжи, включающий основные показатели пряжи, который характеризует ее прядо-мость.

3. На основе рассмотренной модели определено минимальное количество волокон в сечении, гарантирующее нормальное протекание технологического процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разумеев К.Э. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №2. С.125...128.

2. Разумеев К.Э. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №2. С.38...41.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 04.04.05.

---