

УДК 677.024.85

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРЫВНОСТИ НИТЕЙ ОСНОВЫ

Ю. Л. ЛУСТГАРТЕН

(Костромской государственный технологический университет)

В ткацком производстве производительность труда в значительной степени определяется уровнем обрывности нитей, влияние которого усиливается с развитием высокоскоростного оборудования. В настоящее время разрабатываются методы прогнозирования обрывности, основанные на известной в теории случайных процессов задаче о «выбросах», позволяющей, в частности, оценить математическое ожидание числа пересечений двух случайных процессов. В этом направлении выполнен ряд работ: общий подход освещен в [1], а наиболее значимые результаты получены в [2..4].

В развитие [1..4] предлагаем метод прогнозирования обрывности основных нитей в ткачестве.

Принята следующая система допущений: обрывность является случайной функцией натяжения одиночной нити и ее технологической прочности; обрыв является результатом превышения натяжения нити над ее прочностью; натяжение зависит от выбранного технологического режима; прочность нити рассматривается как убывающая функция времени и связана с изменением параметров нити в процессе ткачества.

Принятая система допущений обусловила выбор расчетной схемы на основе решения обобщенной задачи о «выбросах».

Из указанных положений вытекает необходимость иметь информацию: а) о значениях технологической прочности нитей; б) о натяжении основных нитей в зоне скало — ламели; в) об изменении натяжения нитей по глубине станка; г) об изменении прочности нитей основы при перемещении их от навоя до опушки ткани.

Пункт а) реализован в виде выборки одномерного массива значений технологической прочности нитей навоя.

Пункт б) предусматривает наличие информации о натяжении. Натяжение одиночной нити $S(t)$ на ткацком станке при тканеобразовании рассматривается как случайный процесс и используется информация, регистрируемая с помощью измерительных систем, в частности, описанных в [2,4]. Данные системы позволяют получить конкретный набор реализаций $S_1^i(t), S_2^i(t), \dots, S_n^i(t)$ натяжений для i -й нити. Отметим, что при регистрации натяжения происходит дискретизация непрерывной функции времени с некоторым шагом Δt . Выбор последнего обоснован в [3]. При фиксированном значении t_k имеем случайную величину $S^i(t_k)$. Доказано в [3], что $S^i(t_k)$ имеет нормальный закон распределения, а $S^i(t)$ — нормальный процесс, который не является стационарным и не приводится к стационарному путем нормирования и центрирования исходных реализаций.

Проведенный обзор литературы показал неоднозначность подходов к учету изменения натяжения нитей по глубине станка. Например, в [5, 6] на основании аналитических расчетов, стендовых испытаний и в результате анализа натяжения основы, ткани и усилия прибора установлено, что натяжение нитей в передней части зева в 1,5...3 раза больше, чем в зоне скало — ламели. Но экспериментальных подтверждений данной информации не приведено. В [4] на основании экспериментов делается вывод: «Натяжение основных нитей в передней части зева в некоторые моменты цикла тканеобразования возрастает относительно натяжения в зоне скало — ламели, но не более чем на 4...10%». Однако здесь при измерении натяжения в передней части зева процесс прибора был исключен, что вызывает сомнения в правомерности переноса полученных результатов на реальный технологический процесс.

Предлагаемый метод прогнозирования обрывности в отличие от существующих предусматривает возможность варьирования изменения натяжения нитей основы по глубине станка в зависимости от данных, которые могут быть получены по этому вопросу.

Для учета изменения прочности нити основы при перемещении по глубине станка используются результаты исследования [7], где прочность нити при тканеобразовании рассматривается как убывающая функция $C(t, S(t))$, зависящая от действующего на нить натяжения; $C(0, S(0)) = C_0$, где C_0 — разрывная нагрузка нити, взятой с навоя.

На основе принятой системы допущений и расчетной схемы задачи «о выбросах» предлагается следующий способ получения формулы для оценки обрывности.

Рассмотрим интервал $(0, T)$ времени — время прохождения слабого участка нити (который рвется при испытании технологической прочности 1 м нити) с момента схода с навоя до момента ее зарботки в ткань.

Разобьем полный интервал времени $(0, T)$ на k равных непрерывных малых подынтервалов $\Delta t_i = \Delta t = \text{const}$, равных шагу дискретизации измерительной системы натяжения нити, причем $k\Delta t = T$. Длина подынтервала Δt такова, что можно пренебречь вероятностью более чем одного пересечения случайным процессом $S(t)$ уровня C на этом подынтервале.

Тогда можем рассмотреть k случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$, определенных следующим образом. Случайная величина ξ_i принимает значение единицы, если в i -м подынтервале реализация случайного процесса $S(t)$ пересекает уровень C снизу вверх, и значение нуля в противном случае. Очевидно, что $M\xi_i = P(\xi_i = 1)$, где $M\xi_i$ — математическое ожидание величины ξ_i , а $P(\xi_i = 1)$ — вероятность события, указанного в скобках. Используя формулу из [8], определяющую математическое ожидание числа превышений случайного нормального нестационарного процесса $S(t)$ над постоянным уровнем C_i за время T , и учитывая рассматриваемый отрезок Δt_i , получаем

$$M\xi_i = P_i = \frac{\sigma_1(t_i) \sqrt{1 - R^2(t_i)}}{2\pi\sigma(t_i)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{C_i - m(t_i)}{\sigma(t_i)} \right)^2 \right] \times \\ \times \{ \exp(-B^2(t_i)/2) + \sqrt{2\pi} B(t_i) \Phi(B(t_i)) \} \Delta t_i, \quad (1)$$

где t_i — начало подынтервала Δt_i , т. е. $t_i = (i-1)\Delta t$, $C_i = C(t_i)$,

$$B(t) = \frac{1}{\sqrt{1-R_1^2(t)}} \left[\frac{m_1(t)}{\sigma_1(t)} + \frac{C(t)-m(t)}{\sigma(t)} \right]; \quad (2)$$

$$\Phi(B(t)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{B(t)} \exp(-0,5x^2) dx; \quad (3)$$

$m(t)$ — математическое ожидание процесса натяжения;
 $\sigma^2(t)$ — дисперсия процесса натяжения;
 $K(t_1, t_2)$ — корреляционная функция процесса;
 $\sigma_1^2(t)$ — производная корреляционной функции процесса;

$$\sigma_1^2(t) = \frac{\partial^2 K(t_1, t_2)}{\partial t_1 \partial t_2} \Big|_{t_1=t_2=t}; \quad (4)$$

$$R_1(t) = \frac{1}{\delta(t)\delta_1(t)} \frac{\partial K(t_1, t_2)}{\partial t_2} \Big|_{t_1=t_2=t}. \quad (5)$$

Очевидно, что $P(\xi_i=0) = 1 - P(\xi_i=1)$ — вероятность отсутствия пересечения.

Тогда P_T — вероятность хотя бы одного пересечения на всем интервале T будем считать следующим образом;

$$P_T = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P(\xi_i=1)). \quad (6)$$

На основании $C_i(t)$, ($i=1 \dots n$) — функций прочностей одиночных нитей, где n — количество нитей в рассматриваемой зоне, а также $S_j(t)$, ($j=1 \dots n$) — функций натяжения одиночных нитей, полученных аналитически или экспериментально (независимо от способа представления должна быть возможность вычисления математического ожидания, дисперсии, корреляционной функции процесса и их производных) вероятность $P_T(S_i(t), C_j(t))$ хотя бы одного пересечения случайного процесса натяжения $S_i(t)$ и прочности $C_j(t)$ за время T вычисляется по формуле (6).

Найдем N — обрывность в зоне, содержащей n нитей, по формуле

$$N = \frac{10^4}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_T(S_i(t), C_j(t)). \quad (7)$$

Результат (7) позволяет оценить среднюю обрывность на 10^4 м одиночной нити.

Применение формулы (7) требует проведения громоздких вычислений (1...5). Для облегчения этой задачи нами разработан более простой метод, основанный на интерполяции функций.

Отметим, что предложенный метод прогнозирования позволяет оценивать обрывность основы в зонах по глубине станка. Вышеописанный метод реализован в виде программы для ПЭВМ; вычислительные эксперименты подтвердили его работоспособность.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый метод прогнозирования обрывности нитей основы, использующий аппарат теории вероятности и математической статистики, дает численную оценку среднего числа обрывов на 10^4 м одиночной нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л. Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1977, № 3.
2. Лустгартен Н. В., Глотова Т. М., Смирнов Е. А. САПР технологических режимов ткацкого производства. — М.: Легпромбытиздат, 1993.
3. Садовская О. Б. Разработка метода прогнозирования обрывности основных нитей в процессе ткачества: Дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 1989.
4. Пыханова Т. В. Совершенствование метода прогнозирования обрывности основы с учетом стохастичности процесса: Дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 1996.
5. Васильченко В. Н. Исследование фронтального прибора уточной нити: Дис. ... докт. техн. наук. — Киев, 1975.
6. Шутова С. А. Деформация и натяжение основных нитей на станке СТБ: Дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1983.
7. Золотаревский Л. Т. Обрывность основы на ткацких станках.
8. Тихонов В. И. Выбросы случайных процессов. — М.: Наука, 1970.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 07.02.97.