УДК 677.054

ВЛИЯНИЕ ЗАПРАВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТКАЦКОГО СТАНКА НА ОБРЫВНОСТЬ ЛЬНЯНОЙ ОЧЕСКОВОЙ ПРЯЖИ

А.Б. БРУТ-БРУЛЯКО, Н.С. КРЫЛОВА, С.М. МИНОВСКАЯ

(Костромской государственный технологический университет)

Производительность ткацкого станка при выработке льняного ассортимента тканей зависит от множества факторов. К этим факторам следует отнести сырьевой состав нитей, заправочные данные ткани, заправочные параметры ткацкого станка, параметры наладки ткацкого станка [1…3]. В свою очередь, производительность ткацкого станка зависит от скорости станка и уровня обрывности нитей. Уровень обрывности нитей зависит от натяжения основных нитей и величины заступа. Натяжение основных нитей задается положением пружин на фигурных рычагах основного регулятора.

Для оценки влияния натяжения основных нитей, величины заступа и скорости ткацкого станка на обрывность основных нитей в условиях льнокомбината ООО "БКЛМ-Актив" в г. Костроме был проведен полный факторный эксперимент на одном ткацком станке СТБ2-180 при выработке льняной ткани обр. 876 из оческовой пряжи В 86 текс СЛ. В данном образце количество нитей по основе 2190, ширина вырабатываемой суровой ткани 158,5 см. Остальные параметры заправки ткацкого станка оставались на постоянном уровне.

На первом этапе было проведено обследование ткацких станков, которые вырабатывают ткань обр. 876. В результате обследования было установлено, что пружины на фигурных рычагах устанавливаются на 9 или 12 зарубках (отсчет положения от оси вращения фигурных рычагов). Величина заступа на разных станках колеблется от нуля до 20°. Скоростной режим ткацких станков установлен в диапазоне от 200 до 220 оборотов в минуту главного вала станка.

Для исследования влияния различных факторов заправки ткацкого станка был выбран полный факторный эксперимент $N=2^K$ с числом опытов N = 8 и числом факторов К = 3 [4]. Каждый фактор устанавливается на двух уровнях. Первый фактор X_1 определяет положение пружины на фигурном рычаге. Нижний уровень положения соответствует 10-й зарубке, и при этом положении натяжение на одну нить составляет 107 сН или 6,9% от разрывной нагрузки пряжи. Разрывная нагрузка пряжи после шлихтования составляет P_p=1543 сН. Верхний уровень положения пружины на фигурном рычаге соответствовал 12-й зарубке, а натяжение одиночной нити составляло 136 сН, или 8,8% от P_p.

Второй фактор X_2 определяет величину заступа нитей. Нижний уровень фактора соответствует нулю градусов поворота главного вала станка, а верхний уровень заступа был принят равным 20° угла поворота главного вала станка. Верхний уровень соответствует величине 20°, который заложен в технологической карте для выработки ткани образца 876.

Третий фактор X_3 определяет уровень скоростного режима ткацкого станка. Нижний уровень фактора соответствует 200 мин$^{-1}$, а верхний уровень составляет 220 мин$^{-1}$. Верхний уровень скоростного режима станка является плановой скоростью на производстве.

Уровни и интервалы варьирования факторов, выбранные по технологическим соображениям, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
X_1 – положение пружины на фигурном рычаге, зарубка	10	11	12	1
X_2 – величина заступа, град.	0	10	20	10
X_3 – скорость станка, мин$^{-1}$	200	210	220	10

При проведении исследований в каждом опыте проводились по три повторности. Величина обрывности нитей в любой повторности оценивалась количеством обрывов на выработанной ткани длиной 10 метров. Результаты экспериментов по контролю обрывности нитей Y_{ju}, средней величины обрывности нитей основы $\overline{Y}_j$ и дисперсии средней величины обрывности S_j^2 в каждой строке матрицы планирования приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ опыта	Кодированные значения фактора			Величина обрывности нитей в повторности, обр/м, Y_{ju}			Средняя обрывность $\overline{Y}_j$, обр/м	Дисперсия S_j^2, обр/м	Расчетная обрывность, Y_{Rj}, обр/м
	X_1	X_2	X_3	1	2	3			
1	-1	-1	-1	0,4	0,4	0,7	0,5	0,03	0,6
2	+1	-1	-1	0,9	1,0	0,8	0,9	0,01	0,85
3	-1	+1	-1	0,9	0,8	0,8	0,83	0,0034	0,6
4	+1	+1	-1	0,8	1,0	1,0	0,93	0,0133	0,85
5	-1	-1	+1	0,5	0,8	0,5	0,6	0,03	0,6
6	+1	-1	+1	0,7	0,7	0,6	0,67	0,0033	0,85
7	-1	+1	+1	0,5	0,4	0,5	0,47	0,0033	0,6
8	+1	+1	+1	1,1	0,7	0,9	0,9	0,04	0,85

Примечание. Y_{ju} – обрывность нитей в данном повторе опыта, об/м; u – порядковый номер опыта (1, 2, 3); m – количество повторностей (3); j – номер опыта в матрице планирования. Доверительная вероятность в эксперименте составляет 0,95.

Дисперсию в каждой строке матрицы определяем по формуле:

$$S_j^2 = \frac{\sum_1^n (y_{ig} - \overline{Y}_j)^2}{n-1}. \qquad (1)$$

Проверку воспроизводимости эксперимента проводим с помощью критерия Кочрена. Расчетную величину критерия Кочрена определяем по формуле:

$$G_R = \frac{s_{max}^2}{\sum_1^N s_j^2} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{13,33 \cdot 10^{-2}} = 0,3. \qquad (2)$$

Табличное значение критерия Кочрена [4]: G_T (P_g=0,95, N=8, f=m – 1=2) = 0,5157.

Так как $G_R < G_T$, то построчные дисперсии S_j^2(У) однородны, и эксперимент обладает свойством воспроизводимости.

Регрессионная математическая модель в общем виде для трехфакторного эксперимента записывается полиномом третьего порядка:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \qquad (3)$$

где X_1; X_2; X_3 – факторы, принятые в эксперименте; b_0; b_1; b_2;….b_{123} – значения коэффициентов регрессии.

Поскольку матрица планирования эксперимента обладает свойством ортогональности, то расчет коэффициентов регрессии ведется по формуле [4]:

$$S_j^2 = \frac{\sum_1^N x_{ji} y_i}{N}, \qquad (4)$$

где X_{ji} – кодированное значение фактора; $У_j$ – уровень обрывности в конкретной строке опыта; N – число опытов в активном эксперименте.

После расчета всех коэффициентов функция отклика имеет вид:

$$У_p = 0,725+0,125X_1+0,0575X_2-0,065X_3+0,0075X_1X_2+0X_1X_3-0,0325X_2X_3+0,09X_1X_2X_3. \qquad (5)$$

Коэффициенты при независимых переменных указывают на силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента, тем больше влияние фактора. Если коэффициент имеет знак плюс, то с увеличением значения фактора параметр оптимизации увеличивается, а если минус, то уменьшается. Величина коэффициента соответствует вкладу данного фактора в величину параметра оптимизации.

Для проверки значимости коэффициентов полученной модели используем доверительный интервал Δb_j:

$$\Delta b_j = \pm\, t\, S\{b_j\}, \qquad (6)$$

где t – табличное значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы, с которым определялась $S^2\{У\}$ и уровне значимости 0,95 равен 2,06 [5]; $S\{b_j\}$ – квадратическая ошибка коэффициента регрессии.

Квадратическая ошибка коэффициента регрессии определяется по формуле:

$$S\{b_j\} = \frac{\sqrt{s^2(y)}}{N} = \frac{\sqrt{0,133}}{8} = 0,046. \quad (7)$$

Тогда доверительный интервал составляет:

$$\Delta b_j = 2,06 \cdot 0,046 = 0,094. \qquad (8)$$

С учетом доверительного интервала коэффициенты $b_j < \Delta b_j$ являются незначимыми, и уравнение (5) в окончательном виде будет:

$$У_p = 0,725 + 0,125X_1. \qquad (9)$$

Проверим полученную математическую модель на адекватность. С этой целью для каждой строки матрицы планирования определим расчетные значения Y_{Rj} выходного параметра, они приведены в последнем столбце табл. 2.

Находим дисперсию адекватности по формуле:

$$S^2_{àä}(Y) = \frac{m\sum_{1}^{N}(\bar{y}_j - Y_{Rj})^2}{N(m-1)-(k+1)} = \frac{0,382}{14} = 0,026, \quad (10)$$

где N – количество опытов в эксперименте; m – количество повторностей в каждом опыте; к – количество значимых факторов в математической модели.

Определяем расчетное значение критерия Фишера [4]:

$$F_{ýêñ} = \frac{s^2_{àä}}{s^2\{y\}} = \frac{0,027}{0,133} = 0,2. \qquad (11)$$

Табличное значение критерия Фишера: $F_T(P_g = 0,95;\ f_1 – 24;\ f_{ад}=14) = 2,11$.

Поскольку $F_p < F_т$, то математическая модель (9) является адекватной, то есть уравнение достаточно точно описывает процесс обрывности нитей.

Анализируя уравнение (9), можно отметить, что основной вклад в параметр оптимизации вносит первый фактор – заправочное натяжение нитей, которое зависит от положения пружин на зарубках фигурных рычагов. Результаты экспериментов показали, что пружины необходимо располагать на 10-й зарубке рычагов при отсчете снизу. При этом заправочное натяжение льняной оческовой пряжи 86 текс при выработке образца 876 составляет 107 сН, или 6,9% от разрывной нагрузки пряжи.

Результаты экспериментов показали, что величина заступа и скорость ткацкого станка, в пределах выбранного диапазона величин, незначительно влияют на обрывность льняной оческовой пряжи.

На основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что основным фактором, влияющим на обрывность основных нитей при выработке ткани образца 876 из оческовой льняной пряжи, является заправочное натяжение основных нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Власов П. В.* Нормализация процесса ткачества. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

2. *Николаев С.Д., Власов П.В., Сумарукова Р.И., Юхин С.С.* Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – 2-е изд. – М.: Легпромбытиздат, 1995.

3. *Оников Э. О.* Технология, оборудование и рентабельность ткацкого производства. – М.: Текстильная промышленность, 2003.

4. *Севостьянов А. Г.* Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

5. *Соловьев А. Н.* Измерение и оценка свойств текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1966.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 05.06.09.