

УДК 677.21.024.1:519.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТКАНИ
ДВУХФАКТОРНЫМ ДИСПЕРСИОННЫМ АНАЛИЗОМ
С КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ УРОВНЯМИ ФАКТОРОВ**

А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, Е.Н. КАРТАШОВА

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

Двухфакторный дисперсионный анализ применяют, когда изучается влияние на процесс одновременно двух факторов. Факторы исследуются на разных уровнях и при каждом сочетании уровней факторов проводится n параллельных наблюдений [1, 2].

Для того, чтобы решить, значимо ли влияние данного фактора, необходимо оценить значимость соответствующей выборочной дисперсии в сравнении с дисперсией воспроизводимости, обусловленной случайными факторами. Проверка значи-

мости оценок дисперсий проводится по критерию Фишера.

В ходе эксперимента вырабатывали хлопчатобумажные двухслойные ткани с различным способом соединения слоев: I – двухслойная ткань с переплетением слоев способом "сверху – вниз"; II – двухслойная ткань с комбинированным способом переплетения слоев.

Разрывные характеристики ткани по направлению утка определяли на разрывной машине. Результаты испытаний (сН) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид переплетения	Плотность P ткани, Н/см											
	12			14			16			18		
I	28	25	27	27,5	32	29	27,5	28	29	36	39,5	38
II	22	23	25	31,5	29	30	35,5	34	35	38	40	37

Расчет проводили по следующим формулам.

Определяли общее среднее:

$$y = \frac{1}{rcn} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее по столбцам:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{cn} \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее по строкам:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{rn} \sum_{i=1}^r \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее в ячейке:

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

Далее определяют суммы квадратов отклонений для факторов X1 и X2:

$$SS_{x1} = m \sum_{ij=1}^c (\bar{y}_j - \bar{y})^2,$$

$$SS_{x2} = cn \sum_{i=1}^r (\bar{y}_i - \bar{y})^2.$$

Определяется сумма квадратов отклонений:

$$SS_c = n \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2.$$

Определяется общая сумма квадратов:

$$SS_n = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y})^2.$$

Определяется сумма квадратов для взаимодействия факторов X1 и X2:

$$SS_{X1X2} = SS_c - SS_{X1} - SS_{X2}.$$

Определяется ошибка:

$$SS_e = SS_n - SS_c.$$

Определяется средний квадрат:

$$S^2_{X1} = \frac{SS_{X1}}{c-1},$$

$$S^2_{X2} = \frac{SS_{X2}}{r-1},$$

$$S^2_{X1X2} = \frac{SS_{X1X2}}{(c-1)(r-1)},$$

$$S_e^2 = \frac{SS_e}{rc(n-1)}.$$

Результаты расчета сведены в табл. 2 двухфакторного дисперсионного анализа.

Т а б л и ц а 2

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Среднее квадратическое отклонение
Фактор X ₁	SS _{X1} =307,31	r-1=3	S _{X1} ² =103,44
Фактор X ₂	SS _{X2} =4,67	c-1=1	S _{X2} ² =4,67
Взаимодействие X ₁ X ₂	SS _{X1X2} =449,87	(c-1)(r-1)=3	S _{X1X2} ² =35,7
Ошибка	SS _e =600,13	rc-1=7	S _e ² =2,27
Полная сумма квадратов	S _{Se} =36,37	rc(n-1)=16	
	SS _n =636,499	rcn-1=23	

Для оценки значимости факторов X₁, X₂ и их взаимодействия составляется дисперсионное отношение вида:

$$F_{X1} = \frac{S^2_{X1}}{S_e^2}; \quad F_{X2} = \frac{S^2_{X2}}{S_e^2};$$

$$F_{X1X2} = \frac{S^2_{X1X2}}{S_e^2}, \quad F_{X1} = 45,57;$$

$$F_{X2} = 2,06; \quad F_{X1X2} = 15,73.$$

Табличное значение критерия Фишера для уровня значимости p=0,05 и числа степеней свободы для F_{X1} f1=3, f2=16, F_{X2} f1=1, f2=16 равно для F_{X1}=F_{X1X2}=8,7, для F_{X2}=245,9. Поскольку рассчитанное дисперсионное отношение для X1 больше табличного, фактор X1 значим, то есть разрывная нагрузка ткани по утку зависит от абсолютной плотности ткани по утку, а вид переплетения не оказывает влияния на разрывную нагрузку по утку. Так как F_{X1X2} > F_{t.X1X2}, то эффект взаимодействия следует считать значимым. Таким образом, изменение влияния абсолютной плотности ткани по утку на

разрывную нагрузку ткани зависит от вида переплетения ткани и наоборот.

Аналогично исследованы разрывная нагрузка по основе и утку, разрывное удлинение по основе и утку полутораслойных и двухслойных тканей. По полученным данным можно заключить следующее: на разрывную нагрузку по направлению основы в полутораслойных и двухслойных тканях влияет плотность ткани по утку; на разрывное удлинение в полутораслойных тканях влияет и плотность ткани по утку, и вид переплетения, в двухслойных тканях – плотность ткани по утку.

Посредством двухфакторного дисперсионного анализа при отсутствии повторных измерений изучалось влияние на воздухопроницаемость двух факторов: X1 – вид переплетения (I – полутораслойная ткань на базе переплетения саржа 1/5; II – полутораслойная ткань на базе полотняного переплетения и переплетения саржа 1/5); X2 – плотность ткани по утку.

Результаты измерений представлены в табл. 3.

Вид переплетения	Плотность Р ткани, Н/см			
	12	14	16	18
I	115,58	111,78	100,64	96,5
II	43,9	37,8	34,5	31

Расчет производили по следующим формулам.

Среднее по строкам:

$$\bar{y}_{j\cdot} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r y_{ji}$$

Среднее по столбцам:

$$\bar{y}_{\cdot i} = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c y_{ji}$$

Общее среднее:

$$\bar{y}_{\cdot\cdot} = \frac{1}{rc} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c y_{ji}$$

Суммы квадратов отклонений:

$$S_{x1} = c \sum_{i=1}^r (\bar{y}_{\cdot i} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2,$$

$$S_{x2} = r \sum_{j=1}^c (\bar{y}_{j\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2,$$

$$S_R = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{j\cdot} - \bar{y}_{\cdot i} + \bar{y}_{\cdot\cdot})^2.$$

Средний квадрат:

$$S_{x1}^2 = \frac{S_{x1}}{r-1}, \quad S_{x2}^2 = \frac{S_{x2}}{c-1},$$

$$S_R^2 = \frac{S_R}{(c-1)(r-1)}.$$

Дисперсионное отношение:

$$F_{x1} = \frac{S_{x1}^2}{S_R^2}, \quad F_{x2} = \frac{S_{x2}^2}{S_R^2}.$$

Результаты расчета приведены в табл.4.

Таблица 4

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Дисперсионное отношение
X1	$S_{x1}=9613,3$	$r-1=1$	$S_{x1}^2=9613,3$	$F_{x1}=1113,94$
X2	$S_{x2}=308,45$	$c-1=3$	$S_{x2}^2=102,82$	$F_{x2}=11,9$
Ошибка	$S_R=25,9$	$(r-1)(c-1)=3$	$S_R^2=8,63$	
Общая сумма	$S=9947,65$	$cr-1=7$		

Табличное значение критерия Фишера для уровня значимости $p=0,05$ и числа степеней свободы для F_{X1} $f1=1, f2=3$, F_{X2} $f1=3, f2=3$ равно: для $F_{X1}=215,7$; для $F_{X2}=9,28$. Поскольку рассчитанные дисперсионные отношения больше табличного, факторы X1 и X2 значимы, то есть воздухопроницаемость ткани зависит от плотности ткани по утку и от вида переплетения.

ВЫВОДЫ

Проведено исследование свойств хлопчатобумажной пряжи с использованием двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями и при их отсутствии для полутораслойных и двухслой-

ных тканей. Установлено, что только метод дисперсионного анализа позволяет сравнивать выходные параметры при наличии качественных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высшая школа, 2000.
2. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов текстил. пром-ти. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 21.03.02.