УДК 677.054.39
DOI 10.47367/0021-3497_2025_2_428

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ГРАНИЦ ПЛОТНОГО И РАЗРЕЖЕННОГО УЧАСТКОВ ТКАНИ С ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПО УТКУ

# EXPERIMENTAL EVALUATION OF BOUNDARIES STRENGTH OF DENSE AND SPARSE AREAS OF FABRIC WITH VARIABLE DENSITY BY WEFT

*У.Т. АБДУЛЛАЕВ[1], У.Г. КЕРИМОВ[2], Ф.А. ВЕЛИЕВ[3], И.А. ХАЛИЛОВ[4], И.Ф. АЛЛАХВЕРДИЕВА[4]*

*U.T. ABDULLAEV[1], H.K. KARIMOV[2], F.A. VELIEV[3] , I.A. KHALILOV[4], I.F. ALLAKHVERDIEVA[4]*

**([1]Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
[2]Азербайджанский технологический университет,
[3]Азербайджанский государственный экономический университет UNEC,
[4]Азербайджанский технический университет)**

**([1]Tashkent institute textile and light industry,
[2]Azerbaijan Technological University,
[3]Azerbaijan State University of Economics UNEC),
[4]Azerbaijan Technical University)**

E-mail: abdullaev1975@mail.ru; kerimov_husnu@mail.ru; fazil-uzbek@mail.ru;

***Проведен анализ устойчивости нитей утка в тканях с переменной плотностью по утку. Показано, что нити на границе уплотненного и разреженного участков сдвигаются в сторону участка с меньшей плотностью. Для количественной оценки смещения нитей предложены два относительных показателя: коэффициент сдвига нити, характеризующий смещение одиночной нити утка, суммарный коэффициент сдвига, позволяющий оценить «размытость» границы участков в целом. Теоретические данные получены на основании расчетных сведений о сдвиге нитей утка. Экспериментальные значения показателей получены путем обработки фотоизображений хлопчатобумажной ткани четырех артикулов. Показано, что отклонение расчетных показателей от экспериментальных не превышает 5%, что позволяет использовать предложенные показатели на практике.***

***The stability of weft threads in fabrics with variable density by weft is analyzed. It is shown that the threads at the boundary of dense and sparse sections shift toward the section with lower density. Two relative indicators are proposed for quantitative assessment of thread shift. Thread shift coefficient characterizing the shift of a single weft thread. The total shift coefficient allows to estimate the "blur" of the section boundary as a whole. The shift of weft threads at the section boundaries is estimated using the proposed indicators. Theoretical indicators are obtained based on calculated data on the shift of weft threads. Experimental values of the indicators are obtained by processing photo images of cotton fabric of four articles. It is shown that the deviation of the calculated indicators from the experimental ones does not exceed 5%, which allows using the proposed indicators in practice.***

**Ключевые слова: ткань, плотность по утку, структура ткани, сдвиг нитей, перемещения уточных нитей, переменная плотность.**

**Keywords: fabric, weft density, fabric structure, thread shift, weft thread movements, variable density.**

За счет изменения плотности ткани по утку можно формировать определенные эстетические эффекты в виде регулярных или расположенных произвольным образом параллельных полос в поперечном направлении [1…3]. Использование таких тканей в качестве армирующего наполнителя при создании композиционных материалов позволяет получить детали с рациональным армированием с учетом условий их нагружения [4]. Результаты исследования процесса формирования тканей с переменной плотностью по утку приведены в работах [5, 6]. В них показано, что на границах участков с разной плотностью по утку происходит смещение уточных нитей в сторону участка с меньшей плотностью [7].

Задача определения устойчивости структуры ткани с переменной плотностью по утку на границе разреженного и плотного участков решалась в [8]. Теоретически доказано, что устойчивость структуры указанных участков зависит от соотношения плотностей по утку участков, более плотного $P_{y2}$ и менее плотного $P_{y1}$, диаметров нити $d$, коэффициента трения между нитями и их жесткости при изгибе. В [9] показано, что две последние величины для нитей, заработанных в ткань, являются взаимосвязанными величинами, которые должны определяться совместно в одном эксперименте [10, 11].

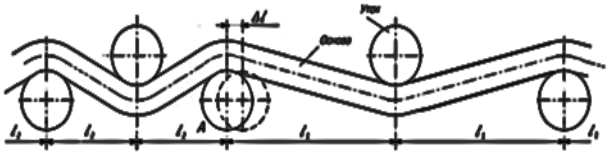

Рис.1

Если принять трение по Амонтону, то перемещение граничных нитей определяется из [12, 13]. Уточная нить на границе перехода от плотного к разреженному участку ткани под действием натяжения основных нитей сдвигается на некоторую величину $\Delta l$. Поэтому получить четкую границу между участками практически невозможно. Уплотненные полосы на границах как бы «размываются». Возможность сдвига крайней уточины зависит от соотношений расстояний между нитями утка на плотном $l_2$ и разреженном $l_1$ участках ткани, а также от величины коэффициента трения $\mu$ между нитями основы и утка (рис. 1).

На практике оценку устойчивости структуры ткани производить с помощью полученных в [8] уравнений неудобно. Поэтому для ее экспериментальной оценки введем коэффициент сдвига нити:

$$K_p = \frac{P_{y_1} - P'_{y_2}}{P_{y_1} - P_{y_2}}. \qquad (1)$$

Здесь $P'_{y2} = \frac{100}{l_2 + \Delta l}$ – условная плотность на границе «размытых» участков.

Подставляя в (1) значения плотностей по утку для соответствующих участков и значение $P'_{y2}$, получим

$$K_p = \frac{\Delta l \cdot l_2}{(\Delta l + l_1)(l_2 - l_1)}. \qquad (2)$$

Коэффициент $K_p$ удобен тем, что пределы его варьирования определяются областью $0 \le K_p \le 1$, причем левое крайнее значение коэффициента $K_p = 0$ соответствует полной фиксации нитей утка на уплотненном участке, а правое $K_p = 1$ – ткани, у которой в результате сдвига нитей с уплотненного участка плотность по утку обоих участков выравнивается. Правда, $K_p = 1$ может соответствовать отдельной ячейке ткани, но даже при полном выравнивании плотности ткани по утку среднее расстояние между нитями будет $l_{ср} = 0{,}5\,(l_1 + l_2)$. Поэтому область существования для $K_p$ можно уточнить, учитывая, что максимальное смещение крайней нити утка из уплотненной области в разреженную $\Delta l_{max} = 0{,}5\,(l_2 - l_1)$. Тогда область варьирования коэффициента $K_p$ определяется следующим образом:

$$0 \le K_p \le \frac{l_2}{l_2 + l_1}. \qquad (3)$$

Однако точной оценки перемещения одной $i$-й нити относительно другой недостаточно, так как прочностные и потребительские свойства ткани переменной плотности

зависят от того, насколько «размыта» граница между участками, т. е. от суммарных перемещений нитей, количество которых $n$ может быть значительным. Поэтому дополнительно введем интегральный критерий и определим его как суммарное перемещение следующим образом:

$$K_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} K_{p_i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta l_2 \cdot l_1}{(\Delta l_i + l_i)(l_2 - l_1)}. \quad (4)$$

При этом границы его изменяются:

$$0 \le K_\Sigma \le \frac{n \cdot l_1}{l_2 + l_1}. \quad (5)$$

Для характеристики разности плотностей на соседних участках в [8] используется коэффициент перемещения нитей:

$$\lambda = \frac{10^{2(P_{y1} + P_{y2})}}{P_{y1} \cdot P_{y2}}. \quad (6)$$

На его основе в [8] построены расчетные диаграммы возможных смещений нитей в зависимости от их порядкового номера на границе плотностей.

В табл. 1 приведены результаты расчета предложенных показателей $K_р$, $K_\Sigma$ и λ для четырех артикулов хлопчатобумажных тканей:

1) арт. 75023. Уток – хлопок Ту = 29,4×2 текс. Основа – хлопок То = 16,7 текс;

2) арт. 75011. Уток – хлопок Ту = 25×2 текс. Основа – хлопок То =25×2 текс;

3) арт. 75009. Уток – хлопок Ту = 25×2 текс. Основа – хлопок То = 25х2 текс;

4) арт. 75012. Уток – хлопок Ту = 41,6×3 текс. Основа – хлопок То = 25х2 текс.

Таблица 1

| № | Артикул | Номер уточины | Теоретические значения | | | | | Экспериментальные значения | | | | Ру1, нить/дм | Ру2, нить/дм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\Delta l_л$ | $\Delta l_{п.}$ | $K_{рл}$ | $K_{рп}$ | $\lambda$ | $\Delta l_л$ | $\Delta l_{п.}$ | $K_{рл}$ | $K_{рп}$ | | |
| 1 | 75023 | 1. | - | 0,032 | - | 0,432 | 1,16 | - | 0,026 | - | 0,454 | 220 | 140 |
| | | $K_\Sigma$ | | | | 0,432 | | | | | 0,454 | | |
| 2 | 75011 | 1.<br>2. | 0,016 | 0,046<br>0,018 | 0,16 | 0,428<br>0,163 | 1,15 | 0,018 | 0,048<br>0,02 | 0,17 | 0,417<br>0,135 | 190 | 160 |
| | | $K_\Sigma$ | | | | 0,751 | | | | | 0,722 | | |
| 3 | 75009 | 1.<br>2.<br>3. | 0,028 | 0,068<br>0,048<br>0,018 | 0,24 | 0,653<br>0,432<br>0,136 | 1,32 | 0,025 | 0,064<br>0,047<br>0,015 | 0,23 | 0,524<br>0,476<br>0,123 | 180 | 130 |
| | | $K_\Sigma$ | | | | 1,461 | | | | | 1,353 | | |
| 4 | 75012 | 1.<br>2.<br>3.<br>4. | 0,031<br>0,014 | 0,089<br>0,052<br>0,023<br>0,014 | 0,32<br>0,12 | 0,762<br>0,436<br>0,216<br>0,145 | 1,5 | 0,028<br>0,012 | 0,086<br>0,050<br>0,028<br>0,012 | 0,30<br>0,14 | 0,815<br>0,427<br>0,197<br>0,138 | 150 | 120 |
| | | $K_\Sigma$ | | | | 1,998 | | | | | 2,107 | | |

При определении теоретических значений $K_р$ и $K_\Sigma$ использовались формулы для расчета $\Delta l$, полученные в [8], с последующей подстановкой в (2) и (4). Экспериментальные значения смещений нити определялись по результатам анализа цифровых фотографий с высоким разрешением. Смещение измерялось в 10 точках по ширине ткани с последующим усреднением.

На смещение утка существенное влияние оказывает порядок расположения плотной и разреженной зон, что связано с направлением формирования ткани. Поэтому в таблице приведены значения $\Delta l_л$ и $K_{рл}$ с индексом *л*, относящиеся к уточным нитям, расположенным в зоне перехода с уплотненного на разреженный участок ткани, и $\Delta l_{п.}$ и $K_{рп}$ с индексом *п*, относящиеся к уточным нитям, расположенным в

зоне перехода с разреженного на уплотненный участок ткани.

Сравнение значений $K_р$ и $K_Σ$, полученных расчетным и экспериментальным путем, показывает совпадение с точностью около 5%, достаточной для практического применения.

Из анализа данных табл. 1 видно, что 3-й и 4-й варианты тканей наименее устойчивы. Очевидно, что чем больше разница между плотностями участков, т. е. чем более высокий коэффициент перемещения нитей λ имеет ткань, тем большее количество нитей сдвигается из более плотного участка в менее плотный.

Плохая устойчивость тканей, выработанных по вариантам 3 и 4, может усугубиться при стирке, глажении, носке.

Существенная разница в суммарном перемещении нитей $K_Σ$ для вариантов 1 и 2 при практически одинаковых коэффициентах перемещения нитей λ объясняется, по-видимому, тем, что в первом варианте для утка используется одиночная пряжа, а во втором – крученая в два сложения.

Очевидно, что ткани с большим значением коэффициента трения $\mu$ между нитями, например шерстяные, будут иметь гораздо большую устойчивость структуры на границе разреженных участков.

Предложенные показатели $K_р$ и $K_Σ$ можно использовать для прогнозирования устойчивости структуры ткани на участках изменения плотности по утку.

## ВЫВОДЫ

При выработке тканей с переменной плотностью по утку наблюдается неконтролируемое смещение уточных нитей на границах участков изменения плотности, что является дефектом структуры ткани.

Для оценки устойчивости структуры ткани на участках изменения плотности по утку предложены коэффициент сдвига нити и суммарный коэффициент сдвига, позволяющие количественно оценивать и сравнивать структуры тканей разных артикулов.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Пат. RU 2495168 C2. Способ формирования тканей с переменной плотностью по утку.
2. Пат. RU 2447211 C2. Способ формирования ткани и устройство для его осуществления.
3. Пат. RU 2309205. Товарный регулятор ткацкого станка.
4. *Рудовский П.Н., Гречухин А.П., Палочкин С.В.* Рациональное армирование деталей из композиционных материалов тканями с переменной плотностью по утку // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2015. № 2 (35). С. 21...23.
5. *Селиверстов В.Ю., Гречухин А.П.* Исследование процесса формирования тканей с переменной плотностью по утку на станке СТБ с товарным регулятором периодического действия // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2008. № 4С (310). С. 62…64.
6. *Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю.* Расчет плотностей по утку в полосках ткани с переменной плотностью при использовании модернизированного товарного регулятора // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4С (319). С. 70…72.
7. *Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю.* Определение расстояний между нитями утка в переходном режиме формирования ткани переменной плотности по утку // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2013. № 3 (345). С. 60…63.
8. *Абдуллаев У.Т., Велиев Ф.А., Аллахвердиева И.Ф.* Определение величины перемещения нити утка при образовании петель на поверхности махровых тканей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промыш-ленности. 2019. №4. С. 93…97.
9. *Гречухин А.П., Рудовский П.Н.* Развитие теории строения и формирования однослойных тканей. Кострома: КГУ, 2017. 171 с. – ISBN 978-5-8285-0917-1.
10. *Гречухин А.П.* Способ определения жесткости нити при изгибе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2014. № 5 (353). С. 47…51.
11. *Grechukhin A.P., Seliverstov V.Y., Rudovskiy P.N.* The method of determination of yarn bending rigidity and friction factor during interaction of fibers // The Journal of the Textile Institute. 2017. Т. 108. № 12. С. 2067…2072.
12. *Велиев Ф.А.* Изменение натяжения основы при выработке тканей переменной плотности по утку // Известия высших учебных заведений. вузов. Технология текстильной промышленности. 1988. № 6. С. 59...62.
13. *Абдуллаев У.Т., Велиев Ф.А., Аллахвердиева И.Ф.* Экспериментальное определение смещения нитей утка на границе участков с разной плотностью

по утку // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. №1. С.155…160.

## REFERENCES

1. Patent RU 2495168 C2. Method of forming fabrics with variable density by weft.

2. Patent RU 2447211 C2. Method of forming fabric and device for its implementation.

3. Patent RU 2309205. Weaving loom commodity regulator.

4. *Rudovsky P.N., Grechukhin A.P., Palochkin S.V.* Rational reinforcement of parts made of composite materials with fabrics with variable weft density // Bulletin of the Kostroma State Technological University. 2015. No. 2 (35). P. 21...23.

5. *Seliverstov V.Yu., Grechukhin A.P.* Study of the process of forming fabrics with variable weft density on the STB loom with a periodic commodity regulator // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2008. No. 4-S (310). P. 62…64.

6. *Grechukhin A.P., Seliverstov V.Yu.* Calculation of weft densities in fabric strips with variable density using a modernized product regulator. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti,2009. No. 4-S (319). P. 70…72.

7. *Grechukhin A.P., Seliverstov V.Yu.* Determine the distance between weft threads in a transient mode of fabrics forming process with variable weft density // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2013. No. 3 (345). P. 60…63.

8. *Abdullaev U.T., Veliev F.A., Allakhverdiyeva I.F.* Determination of the size of movement of the drain thread in the formation of the loop on the surface of the terry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 4. P. 93…97.

9. *Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N.* Development of the theory of structure and formation of single-layer fabrics. Kostroma: KSU, 2017. 171 p. – ISBN 978-5-8285-0917-1.

10. *Grechukhin A.P.* The method of determining the rigidity of the thread at the bend // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2014. No. 5 (353). P. 47…51.

11. *Grechukhin A.P., Seliverstov V.Y., Rudovskiy P.N.* The method of determination of yarn bending rigidity and friction factor during interaction of fibers // The Journal of the Textile Institute. 2017. Vol. 108. No. 12. P. 2067…2072.

12. *Veliev F.A.* Change in warp tension in the production of fabrics of variable density by weft // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1988. No. 6. P. 59...62.

13. *Abdullaev U.T., Veliev F.A., Allakhverdiyeva I.F.* Experimental determination of displacement of duck threads at the border of sections with different density on the duck // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. No. 1. P. 155…160.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных полотен ТИТЛП. Поступила 09.10.24.