

УДК 677.024  
DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_5\_116

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ВЫРАБОТКИ ПЕТЕЛЬНОЙ ТКАНИ С МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ  
К МНОГОКРАТНОМУ РАСТЯЖЕНИЮ НИТЕЙ ОСНОВЫ**

**DEVELOPMENT OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS  
OF PRODUCING TERRY FABRICS WITH A MAXIMUM RESISTANCE  
OF THE WARP THREADS TO REPEATED STRESS**

*В.Ю. РОМАНОВ, С.Ю. БОЙКО*

*V.YU. ROMANOV, S.YU. BOYKO*

**(Волгоградский государственный технический университет)**

**(Volgograd State Technical University)**

E-mail: ttp@kti.ru

*В статье рассматривается вопрос об определении оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани, обладающей максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей основы. В результате проведенных исследований были получены математические*

*модели зависимости выносливости нитей коренной и петельной основ к многократному растяжению от заправочных параметров ткацкого станка СТБМ-180.*

*На основе полученных математических моделей, с помощью метода канонического преобразования модели и методом наложения двухмерных сечений, получены оптимальные технологические параметры выработки петельной ткани.*

*Полученные оптимальные параметры изготовления петельной ткани обеспечивают стабильное протекание технологического процесса ткачества и получения ткани с заданными свойствами, а также приводят к улучшению ее эксплуатационных свойств.*

*The article deals with the question of determining the optimal technological parameters of producing terry fabric, which would have the maximum resistance of the warp threads to repeated stress. The mathematical models of the resistance of the ground and loop warp threads to repeated stress of the initial parameters of the loom STBM-180 dependence were obtained as a result of research.*

*Optimal technological parameters of the terry fabric development were obtained based on the mathematical models analysis by methods of both the canonical transformation model and the overlaying two-dimensional sections of response surfaces.*

*The obtained optimal parameters of terry cloth manufacturing provides a stable technological process of weaving and produce fabrics with desired properties, and this will lead to the improvement of its operational properties.*

**Ключевые слова:** оптимизация, махровые ткани, ткачество, пульсатор, долговечность нити при растяжении, математическая модель.

**Keywords:** optimization, terry fabrics, weaving, durability tester, thread tensile durability, mathematical model.

Развитие текстильной промышленности предполагает постоянное совершенствование и улучшение как ассортимента выпускаемых тканей, так и производственных процессов. Ввиду того, что некоторые технологические процессы в текстильной промышленности относятся к категории сложных, так как характеризуются большим числом взаимодействующих факторов, поэтому от того, как точно и правильно выбраны и рассчитаны эти факторы, зависит качество тканей.

Кроме того, в связи с малым объемом исследований в области выработки петельных тканей с заданными свойствами возникает необходимость определения оптимальных заправочных параметров выработки подобных тканей.

Поэтому целью данной работы является разработка оптимальных технологиче-

ских параметров выработки петельных тканей высокого качества, а также повышения их эксплуатационных свойств без дополнительных затрат.

Анализ научных работ, посвященных исследованию многократного растяжения нитей основы на ткацком станке показал, что они подтверждают влияние условий подготовки нитей основы до ткачества и заправочных параметров ткацкого станка на прочностные характеристики нитей, а следовательно, и на обрывность нитей на ткацких станках.

Так в работах [1], [2] Кузнецова А.А., Иваненкова Д.А. проведен анализ статистического характера распределения значений выносливости текстильных нитей при испытании на многократное растяжение. Показано, что особенностью проведения испытаний на многократное растяже-

ние текстильных нитей является большой разброс показателей усталостных свойств. Это обстоятельство является следствием природы усталостного разрушения текстильного материала и результатом неоднородности его структуры.

Авторами разработана имитационная модель испытания текстильных нитей на многократное растяжение, одним из выходных результатов которой является массив значений выносливостей для испытываемых нитей.

На основе разработанной имитационной модели авторами проведен комплексный анализ влияния различных нестабильностей по механическим свойствам нити на выносливость и выделение наиболее значимых из них.

Установлено, что вариация показателей механических свойств текстильной нити приводит к закономерному снижению среднего значения выносливости. Наиболее значимым свойством нити, нестабильность по которому оказывает существенное влияние на среднее значение выносливости, является вариация по относительному разрывному удлинению. Увеличение степени гетерогенности данного свойства приводит также к закономерному увеличению коэффициента вариации по выносливости.

В другой работе [3] этих же авторов исследования влияния гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей проводились на основе предложенной имитационной модели усталостного разрушения при испытании на многократное растяжение.

В результате проведенных исследований были разработаны алгоритмы статической имитации многоциклового испытания на растяжение и установлены закономерности влияния с разработкой соответствующих моделей прогноза, гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей.

Терентьев М.А. и др. в своей работе [4] провели сравнительные испытания на многократное растяжение различных вариантов огнетермостойких пряж и нитей. Полученные значения усталостных характе-

ристик, в частности, показателя выносливости исследуемых вариантов огнетермостойких пряж и нитей, говорят о возможности их переработки в ткацком производстве, что, в свою очередь, открывает большие возможности для расширения ассортимента ткацких изделий, разнообразных по структуре, назначению и свойствам.

Иноземцевой Н.А. и Николаевым С.Д. предложен метод расчета обрывности основы и утка на ткацком станке по заданным свойствам [5]: по заданным выносливостям нитей к многократному растяжению и стойкости нитей к истиранию – для основы, по полуцикловым характеристикам – для утка. Для исследуемых свойств определены законы распределения вероятностей.

В статье [6] приведены результаты прогнозирования технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации.

Проведенные исследования показали, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают такие параметры, как заправочное натяжение основы, величина заступа, положение скала и угол раскрытия зева. Кроме того, было установлено, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают физико-механические свойства основных нитей, такие как выносливость нитей основы к многократному растяжению и стойкость нитей к истиранию, поэтому показатели свойств, определяемые в соответствии с требованиями стандарта, не могут позволить прогнозировать уровень обрывности нитей на ткацком станке.

Исходя из анализа этих работ, также можно сделать вывод, что в качестве входных параметров при оптимизации процесса формирования ткани использовались факторы, определяющие заправку ткацкого станка: величина заступа, высота зева, величины заправочного натяжения, положение скала относительно грудницы и др., а также факторы, определяющие строение вырабатываемой ткани.

Таким образом, испытания нитей на устойчивость к многоцикловым нагрузкам – выносливости к многократному растяжению и стойкости к истиранию, позволяют установить пригодность сырья для выработки ткани заданного строения на данном типе станка.

Базой для проведения исследований по определению свойств петельной ткани являлась лаборатория ткачества КТИ (филиала) ВолгГТУ.

В качестве объекта исследования была выбрана хлопчатобумажная петельная ткань, вырабатываемая на ткацком станке СТБМ-180 [7], [8]. Особенностью изготовления петельной ткани является то, что для ее выработки требуются две системы основных и одна система уточных нитей. Так как многоцикловые нагрузки, а именно выносливость к многократному растяжению на станке, испытывают нити основы,

то испытания проводились для коренной и петельной систем нитей основы.

Долговечность нитей при многократном растяжении определяли с помощью пульсатора ПН-5 по ГОСТ 28890–90.

В качестве входных были выбраны следующие заправочные параметры ткацкого станка СТБМ-180: заправочное натяжение нитей коренной и петельной основ, сН; величина задней части зева (вынос зева), мм [9], [10].

Для изучения влияния технологических параметров выработки петельной ткани на выносливость к многократному растяжению нитей основы использовался метод исследования – метод проведения эксперимента по матрице планирования Бокс-3.

Результаты исследования нитей вынутых из ткани на выносливость к многократному растяжению приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Заправочное натяжение коренной основы, сН		Заправочное натяжение петельной основы, сН		Вынос зева, мм		Выносливость к многократному растяжению	
	код.	нат.	код.	нат.	код.	нат.	коренная основа	петельная основа
1	+	70	+	40	+	410	6634	8500
2	–	40	+	40	+	410	6872	8300
3	+	70	–	20	+	410	5127	8900
4	–	40	–	20	+	410	6917	7600
5	+	70	+	40	–	310	6213	8811
6	–	40	+	40	–	310	6655	8610
7	+	70	–	20	–	310	6514	7800
8	–	40	–	20	–	310	6814	9110
9	+	70	0	30	0	360	6897	9210
10	–	40	0	30	0	360	6754	9420
11	0	55	+	40	0	360	6633	9020
12	0	55	–	20	0	360	5321	7950
13	0	55	0	30	+	410	6795	9020
14	0	55	0	30	–	310	6843	9150

После проведения опытов на выносливость к многократному растяжению нитей вынутых из ткани, и математической обра-

– выносливость к многократному рас-

ботке результатов экспериментальных исследований получены следующие уравнения регрессии:

тяжению коренной основы

$$Y_1 = 6576,63 - 262,7X_1 + 231,4X_2 - 69,4X_3 + 176,25X_1X_2 - 160,75X_1X_3 + \\ + 240,25X_2X_3 + 248,88X_1^2 - 599,63X_2^2 + 242,38X_3^2,$$

$$Y_2 = 9215,56 + 18,1X_1 + 188,1X_2 - 116,1X_3 + 51,38X_1X_2 + 326,13X_1X_3 - \\ - 26,38X_2X_3 + 99,44X_1^2 - 730,56X_2^2 - 130,56X_3^2.$$

На основании анализа уравнений регрессии, характеризующих двумерные сечения, и изучения графического изображения сечений поверхностей отклика можно сделать следующие выводы:

1) максимальное влияние на выносливость к многократному растяжению коренной основы оказывает заправочное натяжение нитей коренной основы;

2) максимальное влияние на выносливость к многократному растяжению петельной основы оказывает заправочное натяжение нитей петельной основы;

3) оптимальные технологические параметры выработки петельных тканей, позволяющие вырабатывать ткань с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей коренной основы ( $Y_1 = 7458$  циклов), равны:  $X_1 = 40$  сН;  $X_2 = 32,5$  сН;  $X_3 = 410$  мм;

4) оптимальные технологические параметры выработки петельных тканей, позволяющие вырабатывать ткань с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей петельной основы ( $Y_2 = 9603$  цикла), равны:  $X_1 = 40$  сН;  $X_2 = 32,5$  сН;  $X_3 = 310$  мм.

Для решения многокритериальной задачи был использован метод наложения двумерных сечений поверхностей отклика выходных параметров оптимизации при фиксированном параметре  $X_2$ .

Исследуя полученное двумерное сечение поверхностей отклика, определили оптимальные технологические параметры процесса ткачества на ткацком станке СТБМ-180:  $X_1 = 40$  сН;  $X_2 = 32,5$  сН;  $X_3 = 410$  мм.

## ВЫВОДЫ

1. Получены математические модели полуматричных характеристик пряжи (выносливости к многократным нагрузкам нитей, вынутых из ткани). Установлено, что

эти характеристики ухудшают свои показатели в процессе ткачества – наибольшее ухудшение наблюдается у нитей коренной основы, наименьшее – у петельной.

2. Анализ полученных математических моделей и построенных сечений поверхностей отклика показал, что наибольшее влияние на эти характеристики оказывает заправочное натяжение нитей основы.

3. Определены оптимальные технологические параметры изготовления петельной ткани с максимальной выносливостью к многократному растяжению нитей коренной и петельной основ.

4. Полученные оптимальные параметры изготовления петельной ткани на ткацком станке СТБМ-180 обеспечивают стабильное протекание технологического процесса ткачества и получения ткани с заданными свойствами, а также приводят к улучшению ее эксплуатационных свойств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.А., Иваненков Д.А. Прогнозирование выносливости текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С. 25...28.
2. Кузнецов А.А., Иваненков Д.А. Прогнозирование предела выносливости текстильных нитей методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2007, № 13. С.35...39.
3. Кузнецов А.А. Построение математической модели накопления остаточной циклической деформации текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. С.10...12.
4. Терентьев М.А., Медвецкий С.С., Сергеев В.Ю. Экспериментальные исследования усталостных свойств термостойких нитей и пряж при испытании на многократное растяжение // Сб. мат. Междунар. науч.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности. – Иваново, 2008. С.205...206.
5. Иноземцева Н.А., Николаев С.Д. Расчет обрывности нитей основы и утка на ткацком станке

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №6. С. 29...33.

6. Романов В.Ю., Назарова М.В. Разработка алгоритма автоматизированного прогнозирования технологического процесса ткачества с использованием бинарной причинно-следственной теории информации // Фундаментальные исследования. – 2012, № 11-6. С. 1475...1479.

7. Романов В.Ю. Разработка оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани: Дис....канд. техн. наук. – М., 2009.

8. Назарова М.В., Романов В.Ю. Анализ напряженно-деформированного состояния основных нитей на ткацком станке СТБМ-180 при выработке петельных тканей // Современные проблемы науки и образования. – 2007, № 4. С. 22.

9. Юхин С.С., Назарова М.В., Романов В.Ю., Бойко С.Ю. Разработка оптимальных технологических параметров выработки петельной ткани с минимальной поверхностной плотностью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. № 1. С. 64...68.

10. Назарова М.В., Романов В.Ю. Влияние технологических параметров заправки ткацкого станка СТБМ-180 на натяжение нитей коренной и петельной основы // Материалы и технологии. – 2018, №1. С. 18...22.

#### REFERENCES

1. Kuznetsov A.A., Ivanenkov D.A. Prognozirovanie vynoslivosti tekstil'nykh nitey // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2006, №6. S. 25...28.

2. Kuznetsov A.A., Ivanenkov D.A. Prognozirovanie predela vynoslivosti tekstil'nykh nitey metodami imitatsionnogo modelirovaniya mnogotsiklovogo ispytaniya na rastyazhenie // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2007, № 13. S. 35...39.

3. Kuznetsov A.A. Postroenie matematicheskoy modeli nakopleniya ostatochnoy tsiklicheskoй deformatsii tekstil'nykh nitey // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 1. S.10...12.

4. Terent'ev M.A., Medvetskiy S.S., Sergeev V.Yu. Eksperimental'nye issledovaniya ustalostnykh svoystv termostoykikh nitey i pryazh pri ispytanii na mnogokratnoe rastyazhenie // Sb. mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Sovremennye naukoemkie tekhnologii i perspektivnye materialy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – Ivanovo, 2008. S.205...206.

5. Inozemtseva N.A., Nikolaev S.D. Raschet obryvnosti nitey osnovy i utka na tkatskom stanke // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2010, №6. S. 29...33.

6. Romanov V.Yu., Nazarova M.V. Razrabotka algoritma avtomatizirovannogo prognozirovaniya tekhnologicheskogo protsessa tkachestva s ispol'zovaniem binarnoy prichinno-sledstvennoy teorii informatsii // Fundamental'nye issledovaniya. – 2012, № 11-6. S.1475...1479.

7. Romanov V.Yu. Razrabotka optimal'nykh tekhnologicheskikh parametrov vyrabotki petel'noy tkani: Dis....kand. tekhn. nauk. – М., 2009.

8. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya osnovnykh nitey na tkatskom stanke STBM-180 pri vyrabotke petel'nykh tkaney // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2007, № 4. S. 22.

9. Yukhin S.S., Nazarova M.V., Romanov V.Yu., Boyko S.Yu. Razrabotka optimal'nykh tekhnologicheskikh parametrov vyrabotki petel'noy tkani s minimal'noy poverkhnostnoy plotnost'yu // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018. №1. S. 64...68.

10. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Vliyanie tekhnologicheskikh parametrov zapravki tkatskogo stanke STBM-180 na natyazhenie nitey korennoy i petel'noy osnovy // Materialy i tekhnologii. – 2018, №1. S. 18...22.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 15.10.21.