

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ВЫРАБОТКИ ТКАНИ ДЛЯ ОБИВКИ МЕБЕЛИ**

**OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS  
FOR MANUFACTURING UPHOLSTERY FABRICS**

*В.Ю. РОМАНОВ, С.Ю. БОЙКО, Л.Б. ТРИФОНОВА*

*V.YU. ROMANOV, S.YU. BOYKO, L.B. TRIFONOVA*

**(Волгоградский государственный технический университет)**

**(Volgograd State Technical University)**

E-mail: ttp@kti.ru

*Работа посвящена исследованию технологического процесса выработки ткани для обивки мебели. Обивочная ткань должна обладать высокой прочностью и износостойкостью, хорошо держать форму и не растягиваться. В статье представлены результаты эксперимента по определению оптимальных технологических параметров ткацкого станка. Для получения математических моделей использовалась матрица планирования эксперимента Бокс-3. В результате анализа математических моделей сделан вывод, что на значительную часть физико-механических свойств ткани наибольшее влияние оказывает плотность ткани по утку, наименьшее – заправочное натяжение нитей основы. С помощью многокритериальной оптимизации определены оптимальные технологические параметры выработки обивочной ткани, которые обеспечивают стабильное протекание технологического процесса ткачества и изготовление ткани с заданными свойствами, а также приводят к улучшению ее эксплуатационных свойств.*

*This article is devoted to the study of the technological process of manufacturing fabric for upholstery. It must provide high strength and wear resistance, hold its shape well and not stretch. The article presents the results of determining the optimal technological parameters of a weaving machine. The Box-3 experiment planning matrix to obtain mathematical models was used. Analyzing mathematical models, it was concluded that a significant part of the physical and mechanical properties of the fabric is mostly influenced by the weft density of the fabric. The threading tension of the warp threads has the least influence. Using multi-criteria optimization, the optimal technological parameters for the production of upholstery fabric were determined. These optimal parameters for the production of upholstery fabric ensure the stable flow of the weaving process and the production of fabric with the desired properties, and, also lead to an improvement in its performance properties.*

**Ключевые слова: оптимизация, ткачество, обивочная ткань, прочность, натяжение.**

**Keywords: optimization, weaving, upholstery fabric, strength, tension.**

Трудности, возникшие из-за санкционной политики, уход иностранных компаний с российского рынка определили главную задачу обеспечения устойчивости отечественных предприятий – поиск новых поставщиков материалов, минимизация рисков и сохранение прежнего уровня цен на продукцию [1, 2].

Повысить конкурентоспособность отечественных текстильных материалов в современных условиях возможно, используя производство инновационных, импортозамещающих и экологических тканей на основе натуральных волокон с высокими потребительскими свойствами. Поэтому некоторые текстильные предприятия стали расширять ассортимент вырабатываемых тканей с целью импортозамещения продукции зарубежных брендов. Одним из таких направлений является производство мебельно-декоративных тканей.

В мягкой мебели для создания обивки могут использоваться ткани различных категорий. Выбор ткани зависит от условий эксплуатации, физико-механических характеристик, вида пряжи и переплетений, внешнего вида, стоимости и т. д. [3, 4].

Для производства таких тканей могут использоваться как различные главные переплетения (полотняное, саржевое), так и их производные (например, рогожка).

Ткань «рогожка» выполняется путем двойного или тройного переплетения нитей, образующего на поверхности полотна характерный шахматный рисунок, имеет привлекательный вид и нетребовательна в уходе. Свойства этой ткани зависят от количества натуральных волокон в ее составе. Обычно к натуральным волокнам добавляют волокна полиэстера или акрила, что значительно повышает потребительские свойства материала [5]. К достоинствам рогожки можно отнести то, что ткань обладает высокой прочностью и износостойкостью, хорошо держит форму и не растягивается, имеет невысокую стоимость.

На текстильном предприятии ООО «Камышинский Текстиль» в рамках импортозамещения планируется выпуск ткани для обивки мебели на ткацких станках типа СТБ. Для этого необходимо разработать технологию изготовления данной ткани с высокими качественными характеристиками с минимальными затратами при производстве, поэтому для определения оптимального технологического режима изготовления мебельно-декоративной ткани в ткацком производстве предприятия ООО «Камышинский Текстиль» был проведен активный эксперимент.

Анализ научных работ, посвященных оптимизации технологических процессов [6, 7, 8], показал, что технологические режимы изготовления тканей с заданными параметрами и свойствами необходимо определять комплексно с учетом технологии, строения и свойств вырабатываемых тканей. При оптимизации целесообразно использовать современные методы, позволяющие учитывать одновременно большое количество факторов и взаимное влияние их друг на друга. Так, в [7] разработана методика оптимизации технологических параметров металлткацкого станка, в которой предложено изменить стратегию операции оптимизации путем применения уже полученных комплексных показателей технологической результативности и эффективности в качестве критериев оптимизации вместо обобщенного показателя оптимизации. Параметрами оптимизации металлткацкого станка выбраны: натяжение нитей основы  $Y_1, H$ ; натяжение уточной нити  $Y_2, H$ ; ширина приборной полоски  $Y_3, \text{мм}$ . Анализ показал незначительную разницу (в пределах погрешности) между результатами оптимизации, использующими различные целевые функции. Таким образом, в работе [7] сделан вывод о пригодности разработанной методики определения оптимальных значений технологических параметров металлткацкого станка.

В работе [9] проведено исследование изменения механических свойств мебельных тканей пяти различных артикулов. Данные ткани выработаны жаккардовым переплетением и отличаются плотностью по основе и утку, а также линейной плотностью нитей. Волокнистый состав тканей также варьируется. В качестве механических свойств выбраны: стойкость ткани на истирание, прочность и удлинение на разрыв и прочность на раздирание. Для проведения испытаний на раздирание использованы два метода: метод гвоздя и с одним продольным надрезом. Установлено, что раздирающая нагрузка при использовании метода гвоздя выше, чем при раздирании образцов с одним надрезом. Поэтому в качестве критериев оптимизации в данной работе выбраны следующие параметры:  $Y_1$  – разрывная нагрузка ткани по основе, Н;  $Y_2$  – разрывная нагрузка ткани по утку, Н;  $Y_3$  – разрывное удлинение

ткани по основе, мм;  $Y_4$  – разрывное удлинение ткани по утку, мм;  $Y_5$  – прочность ткани на раздирание по основе, Н;  $Y_6$  – прочность ткани на раздирание по утку, Н.

Объектом исследования выбрана хлопчатобумажная ткань с переплетением «рогожка 2/2», вырабатываемая на бесчелночном ткацком станке СТБ-180.

На основе анализа ранее приведенных исследований и опыта работы текстильных предприятий, а также в соответствии с выбранными критериями оптимизации в качестве входных параметров выбираем:  $X_1$  – заправочное натяжение нитей основы, число зарубок на рычаге;  $X_2$  – плотность ткани по утку, н/дм;  $X_3$  – положение скала по высоте относительно уровня грудницы, у.е. [10]. Для этих факторов определены соответствующие уровни варьирования, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения эксперимента	Кодированные значения i-го фактора			Натуральные значения i-го фактора		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$ , число зарубок на рычаге	$X_2$ , н/дм	$X_3$ , у.е.
Основной уровень фактора	0	0	0	12	155	0
Интервал варьирования фактора	1	1	1	1	15	5
Верхний уровень фактора	+1	+1	+1	11	170	+5
Нижний уровень фактора	-1	-1	-1	13	140	-5

Для проведения активного эксперимента по получению математических моделей использована матрица планирования эксперимента Бокс-3 [11].

Значения выходных параметров определены на разрывной машине ИР 5074-3 по стандартным методикам, их средние значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Кодированные значения факторов			Средние значения выходного параметра					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$ , Н	$Y_2$ , Н	$Y_3$ , мм	$Y_4$ , мм	$Y_5$ , Н	$Y_6$ , Н
1	+	+	+	1883	1765	19,0	29,0	508	422
2	-	+	+	1667	1928	21,0	31,5	562	922
3	+	-	+	1587	1118	16,7	34,0	246	888
4	-	-	+	1653	1018	15,7	36,8	156	1072
5	+	+	-	1210	1680	19,0	36,3	520	822
6	-	+	-	1623	1890	16,0	30,3	548	946
7	+	-	-	1993	1090	19,0	31,5	388	1102
8	-	-	-	1837	1033	18,0	31,5	400	962
9	+	0	0	1793	1825	18,7	32,3	412	596
10	-	0	0	2020	1563	21,0	37,3	536	946
11	0	+	0	1950	1748	21,0	31,5	280	912
12	0	-	0	1260	695	17,0	42,0	416	1246
13	0	0	+	1887	1708	21,3	30,5	292	776
14	0	0	-	1927	1750	19,0	26,5	344	966

После обработки экспериментальных данных получены математические модели:

– *разрывная нагрузка ткани по основе:*

$$Y_1 = 1868,4 - 33,4X_1 + 0,3X_2 + 8,7X_3 - 35,9X_1X_2 + 50,9X_1X_3 + 163,4X_2X_3 + 38,1X_1^2 - 263,4X_2^2 + 38,6X_3^2;$$

– *разрывная нагрузка ткани по утку:*

$$Y_2 = 1602,4 + 5,1X_1 + 406,2X_2 + 8,9X_3 - 66,9X_1X_2 + 11,9X_1X_3 + 14,4X_2X_3 + 91,6X_1^2 - 380,9X_2^2 + 126,6X_3^2;$$

– *разрывное удлинение ткани по основе:*

$$Y_3 = 20,12 + 0,06X_1 + 0,74X_2 + 0,32X_3 + 0,09X_1X_2 - 0,41X_1X_3 + 0,91X_2X_3 - 0,47X_1^2 - 1,47X_2^2 - 0,77X_3^2;$$

– *разрывное удлинение ткани по утку:*

$$Y_4 = 33,72 - 0,43X_1 - 1,72X_2 + 0,57X_3 + 0,79X_1X_2 - 1,41X_1X_3 - 1,74X_2X_3 + 1,08X_1^2 + 3,03X_2^2 - 5,22X_3^2;$$

– *прочность ткани на раздираание по основе:*

$$Y_5 = 362,0 - 12,8X_1 + 81,2X_2 - 43,6X_3 - 20,0 X_1X_2 + 9,5X_1X_3 + 48,5X_2X_3 + 112X_1^2 - 14X_2^2 - 44X_3^2;$$

– *прочность ткани на раздираание по утку:*

$$Y_6 = 914,5 - 101,8X_1 - 124,6X_2 - 71,8X_3 - 72,5 X_1X_2 - 87,5X_1X_3 - 40,0X_2X_3 - 143,5X_1^2 + 164,5X_2^2 - 43,5 X_3^2.$$

В результате анализа математических моделей можно сделать вывод, что наименьшее влияние на разрывную нагрузку по утку ( $Y_2$ ), на разрывное удлинение ткани по основе ( $Y_3$ ) и по утку ( $Y_4$ ), на прочность ткани на раздираание по основе ( $Y_5$ ) оказывает заправочное натяжение нитей основы (фактор  $X_1$ ).

Плотность ткани по утку (фактор  $X_2$ ) оказывает наибольшее влияние почти на все исследуемые выходные параметры, кроме разрывной нагрузки по основе ( $Y_1$ ), на нее она оказывает наименьшее влияние, а наибольшее – заправочное натяжение нитей основы (фактор  $X_1$ ).

В результате анализа математической модели  $Y_6$  можно сделать вывод, что наименьшее влияние на прочность ткани на раздираание по утку оказывает положение скала по высоте относительно уровня грудницы (фактор  $X_3$ ).

В результате многокритериальной оптимизации технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани «рогожка» на ткацком станке СТБ-180 получены следующие оптимальные заправочные параметры: заправочное натяжение нити основы – 11 зарубок на рычаге; плотность ткани по утку – 157 нит/дм; положение скала по высоте (вертикали) относительно уровня грудницы – +1 у.е., при которых прочность на разрыв ткани «рогожка» по основе будет максимальной и равной 1911 Н; прочность на разрыв ткани по утку – 1708 Н; разрывное удлинение ткани по основе – 20,1 мм; разрывное удлинение ткани по утку – 34,4 мм; прочность ткани на раздираание по основе – 432 Н; прочность ткани на раздираание по утку – 903 Н.

## В Ы В О Д Ы

1. Установлена возможность изготовления мебельно-декоративных тканей на ткацких станках типа СТБ на текстильном предприятии «Камышинский Текстиль».

2. В результате эксперимента выявлено, что на значительную часть физико-механических свойств ткани наибольшее влияние оказывает плотность ткани по утку.

3. Полученные оптимальные заправочные параметры выработки ткани «рогожка» могут быть использованы для прогнозирования технологического процесса ткачества на ткацких станках типа СТБ.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Колесина С.А. Анализ мебельной отрасли Российской Федерации // Молодой ученый. 2023. № 10 (457). – С. 146...149. – <https://moluch.ru/archive/457/100606/>.

2. Пухова В.М., Ибрагимова Н.А. Мебельная отрасль: современное состояние и перспективы развития // Экономика и предпринимательство. 2019. № 11 (112). С. 624...627.

3. Власова Е.Н., Рекечинская В.Б. Оценка конкурентоспособности мебельных тканей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4 (318). С. 112...114.

4. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Малякво Е.Н. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 6 (335). С. 12...15.

5. Тихомирова А.Ю., Власова Е.Н. Исследование свойств мебельных тканей // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2017. № 4. С. 446...450.

6. Назарова М.В., Бойко С.Ю., Романов В.Ю. Оптимизация процесса выработки ткани на бесчелночном станке с максимальной износостойкостью // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-4. С. 614...617

7. Сучкова М.Е., Тувин А.А. Разработка методики оптимизации технологических параметров металло ткацкого станка типа СТР-100-М // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 4 (64). С. 74...81.

8. Хамматова Э.А. Исследование раздирающей нагрузки наноструктурированных материалов для изготовления спецодежды // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2 (404). С. 98...102.

9. Малявко Е.Н., Курденкова А.В., Шустов Ю.С. Изменение механических свойств мебельных тканей в процессе их истирания // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2012. № 1 (337). С. 12...14.

10. Башметов В.С., Короб А.П. Влияние величины заступа на процесс формирования хлопчатобумажной ткани и ее свойства // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2021. № 1 (40). С. 32...38.

11. Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю., Фелелова Т.Л. Исследование технологического процесса выработки двухслойной ткани, обладающей максимальной прочностью на раздираение // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 4 (382). С. 84...88.

## REFERENCES

1. Kolesina S.A. Analysis of the furniture industry of the Russian Federation // Young scientist. 2023. No. 10 (457). P. 146...149. – <https://moluch.ru/archive/457/100606/>.

2. Pukhova V.M., Ibragimova N.A. Furniture industry: current state and development prospects // Journal of Economy and entrepreneurship. 2019. No. 11 (112). P. 624...627.

3. Vlasova E.N., Rekechinskaya V.B. Assessment of the competitiveness of furniture fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya

Tekstil'noi Promyshlennosti. 2009. No. 4 (318). P. 112...114.

4. Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Malyavko E.N. Comprehensive assessment of the mechanical properties of furniture fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2011. No. 6 (335). P. 112...114.

5. Tikhomirova A.Yu., Vlasova E.N. Study of the properties of furniture fabrics // Bulletin of young scientist of the Saint Petersburg State University of Technology and Design. 2017. No. 4. P. 446...450.

6. Nazarova M.V., Boyko S.Yu., Romanov V.Yu. Optimization of the process of producing fabric on a shuttleless machine with maximum wear resistance // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. No. 12-4. P. 614...617.

7. Suchkova M.E., Tuvin A.A. Development of a methodology for optimizing technological processes parameters of a metal-weaving machine of the STR-100-M type // Modern High Technologies. Regional Application. 2020. No.4 (64). P. 74...81.

8. Khammatova E.A. Investigation of the tearing load of nanostructured materials for manufacturing workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2 (404). P. 98...102.

9. Maljavko E.N., Kurdenkova A.V., Shustov Ju.S. Changing of mechanical properties of furniture fabrics during their abrasion // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2 (404). P. 98...102.

10. Bashmetov V.S., Korob A.P. The influence of the crossed shed size on the process of formation of cotton fabric and its properties // Vestnik of Vitebsk State Technological University. 2021. No. 1 (40). P. 32...38.

11. Yukhin S.S., Nazarova M.V., Boyko S.Yu., Fellevova T.L. Research of technological process of development of two-layer fabric with maximum tear strength // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 4 (382). P. 84...88.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства Волгоградского государственного технического университета. Поступила 20.12.23.