

## ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИИ УСИЛИЙ ПРИ ИЗГИБЕ БОРТОВЫХ ТКАНЕЙ С УЧЕТОМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

### EVALUATION OF FORCES RELAXATION DURING BENDING OF BOARD FABRICS TAKING INTO ACCOUNT THE PREDICTION OF THEIR FUNCTIONAL PROPERTIES

*В.В. ЛАПШИН, Н.А. СМЕРНОВА, К.Э. РАЗУМЕЕВ, В.В. ЗАМЫШЛЯЕВА, С.В. БОЙКО*  
*V.V. LAPSHIN, N.A. SMIRNOVA, K.E. RAZUMEEV, V.V. ZAMYSHLYAEVA, S.V. BOYKO*

(Костромской государственный университет,  
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Kostroma State University,  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: vlv1000@mail.ru; nadejda.smirnova.a@yandex.ru; ker2210@yandex.ru

*В статье приведены результаты исследований свойств современных бортовых тканей методом кольца на автоматизированной измерительной системе. Предложено прогнозирование зависимости релаксации усилий при изгибе по утку бортовых тканей от их поверхностной плотности и линейной плотности нитей с использованием компьютерной программы "Neuro-Prognosis", разработанной на основе искусственных нейронных сетей. Интеллектуальная система содержит функции накопления данных о показателях качества материалов, полученных при испытаниях, обучения с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки, представления и сохранения данных. По результатам исследований возможно создание самостоятельной подсистемы прогнозирования и учета свойств материалов в системе автоматизированного проектирования (САПР) одежды.*

*The article presents the results of studies of the modern bead fabrics properties by the ring method on an automated measuring system. It is proposed to predict the dependence of the forces relaxation during weft bending of bead fabrics on their surface density and linear density of threads using the computer program "Neuro-Prognosis" developed on the basis of artificial neural networks. The intelligent system contains the functions of accumulating data on the quality indicators of materials obtained during testing, learning with a teacher using the error backpropagation algorithm, presenting and saving data. According to the research results, it is possible to create an independent subsystem for predicting and accounting for the properties of materials in the computer-aided design (CAD) system of clothing.*

**Ключевые слова:** бортовые ткани, характеристики изгиба, автоматизированная система, нейронные сети.

**Keywords:** bead fabrics, bend characteristics, automated system, neural networks.

Деформация изгиба изучается широко [1...3]. Для определения характеристик изгиба бортовых тканей рекомендуется стан-

дартный метод (ГОСТ 8977-74), который позволяет оценить условную жесткость и условную упругость при помощи прибора

ПЖУ-12 методом кольца по циклу "нагрузка–разгрузка–отдых".

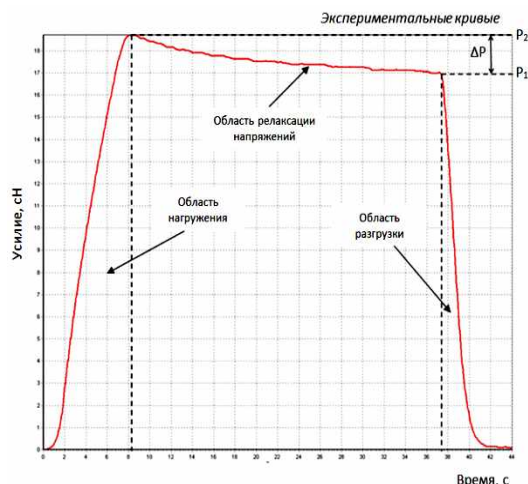


Рис. 1

В Костромском государственном университете разработан более информативный метод кольца с использованием автоматизированной системы [4], позволяющей реализовать запись диаграммы изменения усилия при одноцикловом испытании бортовой ткани на изгиб в режиме реального времени

(рис. 1) и оценить величину и характер изменения усилия при заданной деформации пробы.

Релаксация усилия – изменение усилия при заданной деформации, которое характеризует способность материала сопротивляться изгибу. Чем меньше величина падения усилия, тем более активно материал сопротивляется деформированию.

В современных условиях существует проблема прогнозирования качества швейных изделий по показателям свойств материалов, используемых для их изготовления [5...9]. Важно знать, не только какие характеристики свойств тканей, но и как они изменяются. Актуальность исследований изменений усилия при постоянной деформации изгиба и разработки метода прогнозирования обусловлена обновлением ассортимента современных бортовых тканей и возросшими требованиями к качеству швейных изделий. Современные бортовые ткани разнообразны по волокнистому составу (табл. 1) и отличаются от классического ассортимента.

Т а б л и ц а 1

Артикул	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Линейная плотность нитей, текс		Плотность ткани (число нитей на 10 см)		Жесткость по основе P <sub>о</sub> , сН	Жесткость по утку P <sub>у</sub> , сН	Релаксация усилия изгиба по утку ΔP <sub>у</sub> , %
			T <sub>о</sub>	T <sub>у</sub>	P <sub>о</sub>	P <sub>у</sub>			
F9012N	хлопок – 33, ЖВ – 33, ПЭ – 34	185	40	90	160	140	1,25	16,9	17,2
ВН911	хлопок – 42, ЖВ – 23, ПЭ – 23, Ввис – 12	190	34	80	255	130	1,3	14,1	0,7
CS900S	хлопок – 3, ЖВ – 33, ПЭ – 64	160	40	80	140	125	22,9	10,0	13
ВН231	хлопок – 27, ЖВ – 36, ПЭ – 10, Ввис – 27	196	20	100	255	150	21,6	12,9	8,5
215091	хлопок – 35, ЖВ – 20, ПЭ – 45	190	48	100	150	125	33,6	19,0	23,7
274473	ЖВ – 32, ПЭ – 68	185	56	104	125	115	11,1	12,2	9,8
215090	хлопок – 23, ЖВ – 33, ПЭ – 32, Ввис – 12	170	40	80	145	135	25,4	11,9	26,9
СТ139	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	48	132	180	92	56,0	13,8	9,4
СТ400	ЖВ – 35, ПЭ – 65	192	32	80	165	150	10,3	15,0	6,7
DB9308	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	40	80	196	150	11,4	8,8	8,1

WO543c	хлопок – 13, ЖВ – 23, ПЭ – 46, Ввис – 18	205	34	130	240	100	4,2	5,9	1,7
СТ119	хлопок – 16, ЖВ – 24, ПЭ – 40, Ввис – 20	185	40	90	185	125	3,2	6,4	9,4
F313A	хлопок – 35, ПЭ – 33, ЖВ – 32	175	20	80	290	150	11,4	10,5	4,8
F8824	хлопок – 22, ПЭ – 12, ЖВ – 35, Ввис – 16, лен – 15	210	22	120	210	140	2,4	10,8	17,6
SD13	ПЭ – 100	170	32	86	165	150	24,0	51,1	23,7

Для изготовления бортовых тканей используются трех-, четырех- и пятикомпонентные смеси, содержащие хлопок, лен, полиэфирные, вискозные волокна и животный волос.

Градации бортовых тканей по жесткости (ГОСТ 24684–87) предусматривает деление их на 3 группы: I группа – 4,5...7 сН, II группа – 7,1...15 сН, III группа – 15,1...30 сН. Проведенные исследования показали, что по основной нормируемой характеристике изгиба бортовых тканей, условной жесткости, в направлении, ответственном за устойчивость бортовой прокладки (см. табл. 1), современный ассортимент бортовых тканей представлен всеми тремя группами жесткости. Учитывая результаты экспериментальных исследований бортовых тканей, целесообразно внести уточнение в градацию III группы – более 15,1 сН. Жесткость синтетической ткани значительно превышает границу III группы жесткости ( $50 > 30$  сН). Экспериментальные резуль-

таты показали, что жесткость тканей по утку чаще больше жесткости по основе, что можно объяснить большей толщиной уточных нитей и наличием в них животного волоса, поэтому основной слой бортовой прокладки предпочтительнее выкраивать по утку [10].

Для прогнозирования использована интеллектуальная система, созданная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [11]. Система реализует функции обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки и обобщает экспериментальные результаты показателей релаксации усилия при изгибе. Интеллектуальная система содержит функции накопления данных о показателях качества материалов, полученных при испытаниях, представления и сохранения данных. В процессе обучения происходит уменьшение средней относительной ошибки обучения, что характеризует приближение аппроксимирующей поверхности к экспериментальным данным.

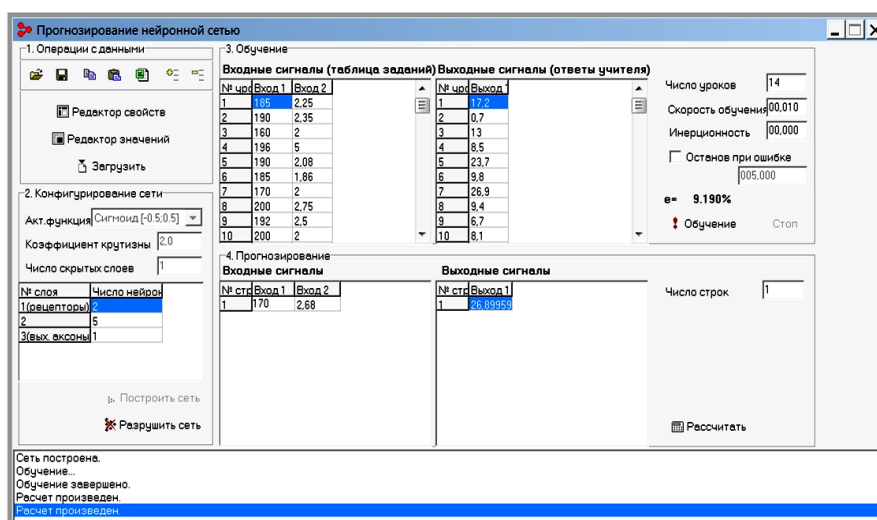


Рис. 2

Прогнозирование релаксации усилия при изгибе бортовых тканей осуществлялось по разработанной компьютерной программе "Neuro-Prognosis" [12]. Входными параметрами выбраны поверхностная плотность бортовых тканей ( $M_s$ , г/м<sup>2</sup>) и линейная плотность нитей ( $T_y/T_0$ ). Окно программы прогнозирования свойств текстильных материалов "Neuro-Prognosis" показано на рис. 2.

По экспериментальным значениям ИНС аппроксимирует непрерывную поверхность зависимости падения усилия при изгибе от входных параметров, которую можно принять за реальную в области рабочих значений. На рис. 3 представлена экспериментальная зависимость падения усилия при изгибе по утку  $\Delta P_y$  ( $M_s$ ,  $T_y/T_0$ ) и зависимость  $\Delta P_y^{НС}$  ( $M_s$ ,  $T_y/T_0$ ) генерируемая ИНС.

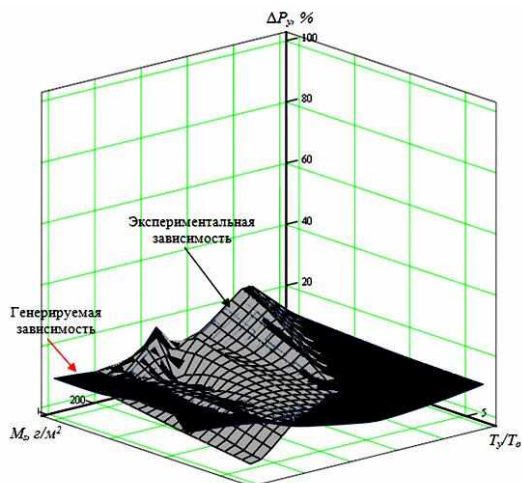


Рис. 3

Проверка качества прогнозирования падения усилия при изгибе с использованием ИНС (рис. 3 – экспериментальная и генерируемая зависимости падения усилия при изгибе по утку бортовых тканей от поверхностной плотности и линейной плотности нитей) проводилась на бортовой ткани арт. SD13 (табл. 1), не вошедшей в обучающую выборку. Полученное экспериментальное падение усилия 23,7%, прогнозируемое – 26,8%. Ошибка прогнозирования составляет 11%. Выполненная проверка свидетельствует о возможности прогнозирования

падения усилия при изгибе бортовых тканей.

Достоинством рассматриваемой системы является практически полное исключение человека из процессов организации структуры сети и обучения, что является ценным в создании самостоятельной подсистемы прогнозирования и учета свойств материалов в САПР одежды.

## ВЫВОДЫ

1. Представлены справочные сведения по жесткости и падению усилия при изгибе современных бортовых тканей, которые получены исследованием характеристик изгиба по разработанной автоматизированной методике и рекомендуются к использованию при проектировании одежды.

2. Предложена оценка падения усилия при изгибе бортовых тканей современного ассортимента с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей с применением разработанной компьютерной программы "Neuro-Prognosis".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белокуров В.Н. Описание резонансного метода определения деформационных характеристик текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С.14...16.
2. Chen M.X., Sun Q.P., Wu Z., Yuen M.F. A wrinkled membrane model for cloth draping with multigrid acceleration // Trans. ASME. J. Manuf. Sci. and Eng. – 1999, №4. С. 695...700.
3. Жихарев А.П. Теоретические основы и экспериментальные методы исследований для оценки качества материалов при силовых, температурных и влажностных воздействиях. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. С. 91...103.
4. Лапшин В.В., Смирнова Н.А. Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2019.
5. Komatsu Kaori, Niwa Masako. Прогнозирование свойств одежды // J. Text. Mach. Soc. Jap. – 1978, №1. С. 42...49.
6. Стельмашенко В.И., Розаренова Т.В. Материалы для одежды и конфекционирование. – М.: Академия, 2008.
7. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности

ности (швейное производство). – М.: Академия, 2008.

8. Бuzов Б.А., Румянцева Г.П. Материалы для одежды. Ткани. – М.: Изд-во ИД "ФОРУМ"-ИНФРА, 2012.

9. Лобья Л.И., Романов В.Е., Сталевич А.М. Ползучесть и релаксация напряжения тканей // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1990, №5.

10. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Хромеева И.А., Лапшин В.В. Экспериментальное обоснование формирования бортовой прокладки для изделий костюмной группы // Изв. вузов. Технология легкой промышленности – 2019. Т. 46, №4. С. 92...96.

11. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018619528 "Neuro-Prognosis" / Лапшин В.В., Козловский Д.А., Ершов В.Н., Смирнова Н.А., Замышляева В.В.; правообладатель ФГБОУ ВО "Костромской государственный университет" №2018616521; заявл. 25.06.2018; дата регистрации 07.08.2018.

#### REFERENCES

1. Belokurov V.N. Description of the resonance method for determining the deformation characteristics of textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 3. P.14...16.

2. Chen M.X., Sun Q.P., Wu Z., Yuen M.F. A wrinkled membrane model for cloth draping with multigrid acceleration // Trans. ASME. J. Manuf. sci. and Eng. – 1999, № 4. P. 695...700.

3. Zhikharev A.P. Theoretical foundations and experimental research methods for assessing the quality of

materials under force, temperature and humidity effects. – М.: ИИТс МГУДТ, 2003. P. 91 ... 103.

4. Lapshin V.V., Smirnova N.A. Automated measuring complex as an implementation of the concept of digitalization in light industry. – Kostroma: Kostroma Publishing House. state un-ta, 2019.

5. Komatsu Kaori, Niwa Masako. Prediction of clothing properties // J. Text. Mach. soc. Jap. – 1978, №1. P. 42...49.

6. Stelmashenko V.I., Rozarenova T.V. Materials for clothes and confectionery. – М.: Academy, 2008.

7. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Material science in the production of light industry products (clothing production). – М.: Academy, 2008.

8. Buzov B.A., Rummyantseva G.P. Clothing materials. Fabrics. – М.: Publishing house of the ID "FORUM"-INFRA, 2012.

9. Loby L.I., Romanov V.E., Stalevich A.M. Creep and tissue stress relaxation // Izv. universities. Light industry technology. - 1990, № 5.

10. Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A., Khromeeva I.A., Lapshin V.V. Experimental substantiation of the formation of a side gasket for products of the suit group// Izv. universities. Technology of light industry – 2019. V. 46, № 4. P. 92...96.

11. Osovsky S. Neural networks for information processing. – М.: Finance and statistics, 2002.

12. Certificate of state registration of the computer program № 2018619528 "Neuro-Prognosis" / Lapshin V.V., Kozlovsky D.A., Ershov V.N., Smirnova N.A., Zamyshlyayeva V.V.; copyright holder FGBOU VO "Kostroma State University" № 2018616521; dec. 06/25/2018; date of registration 07.08.2018.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров КГУ. Поступила 26.11.21.