

Научная статья

УДК 677.017

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-5-10

**Валерий Васильевич Лапшин<sup>1</sup>**

**Ольга Владимировна Иванова<sup>2</sup>**

**Мария Дмитриевна Волкова<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup>vlv1000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2680-5272>

<sup>2</sup>olgavladivanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5173-0861>

<sup>3</sup>5volkini5@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8140-3802>

## **ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ СТРУКТУРЫ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ**

*Аннотация.* В статье приводятся результаты исследований жесткости структуры льняных тканей автоматизированным методом определения характеристик сдвига, позволяющим реализовать изменения углов между нитями основы и утка и графическую запись процесса сдвига нитей и восстановления после сдвига посредством специально разработанного программного обеспечения. Для прогнозирования предложена методика, реализованная специально разработанной компьютерной программой *Neuro-Prognosis* на основе искусственных нейронных сетей. Приведен пример прогнозирования жесткости структуры льняных тканей по характеристикам их строения. Методика учитывает современные тренды производственно-продуктового сегмента в части кастомизации и индивидуализации производства.

**Ключевые слова:** льняные ткани, жесткость, автоматизированная система, методика, прогнозирование, искусственная нейронная сеть, сдвиг

Original article

**Valery V. Lapshin**<sup>1</sup>

**Olga V. Ivanova**<sup>2</sup>

**Maria D. Volkova**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kostroma State University, Kostroma, Russia

## EVALUATION AND PREDICTION OF THE RIGIDITY OF THE STRUCTURE OF LINEN FABRICS

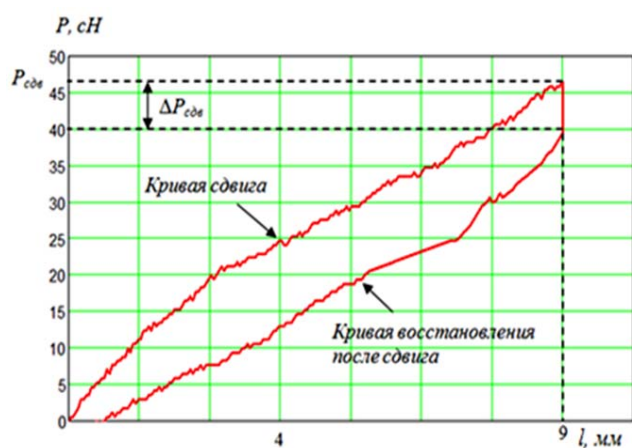
**Abstract.** *The article presents the results of studies of the rigidity of the structure of linen fabrics by an automated method for determining the shear characteristics, which allows you to implement changes in the angles between the warp and weft threads and a graphical record of the process of thread shear and recovery after shear by means of specially developed software. A method implemented by a specially developed computer program Neuro-Prognosis has been developed for forecasting. An example of predicting the rigidity of the structure of linen fabrics by the characteristics of their structure is given.*

**Keywords:** *linen fabrics, stiffness, automated system, methodology, forecasting, artificial neural network, shift*

Развитие льняного комплекса – одна из приоритетных задач социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2025 года. Вопросы бережливого производства фэшн-объектов из натуральных материалов с использованием цифровых технологий становятся основой антропоцентрического проектирования. Предметные исследования в области структуры и свойств материалов актуальны, так как определяют качественное состояние предмета проектирования – одежды – на всех этапах жизненного цикла. Недостаток исследований деформации сдвига нитей в тканях приводит к тому, что не всегда ткани при изготовлении одежды используются рационально. Разработка метода прогнозирования жесткости

структуры льняных тканей, обуславливающей сопротивление сдвигу нитей, является актуальной задачей с позиции выпуска конкурентоспособной продукции, особенно для изделий косого края и с драпировками. Взаимосвязь способности тканей к изменению углов между нитями основы и утка с драпируемостью [1] подтверждает целесообразность изыскания экспрессной оценки жесткости структуры при сдвиге нитей.

Экспериментальная оценка жесткости структуры тканей к сдвигу нитей выполнена по разработанной методике на автоматизированной системе [2–4]. Методика позволяет моделировать реальный процесс сдвига нитей в ткани. Инструментальное и программное обеспечение дает возможность графической записи процесса сдвига и восстановления после сдвига (рис. 1), автоматизировать обработку результатов измерений и создавать базу данных по предмету исследований. Разработанная автоматизированная методика соответствует современным тенденциям развития техники, отличаясь универсальностью и информативностью.



**Рис. 1. Диаграмма сдвига нитей и восстановления после сдвига**

Автоматизированная система дает возможность определения жесткости как силы сопротивления сдвигу нитей  $P_{сдв}$ , сН (см. рис. 1), необходимой для изменения сетевого угла ткани до появления диагональной складки.

Характеристики жесткости ткани при сдвиге нитей позволяют расширить рекомендации по выбору конструктивных решений, обосновать

выбор материалов для изготовления высококачественных швейных изделий проектируемой формы.

Объектом исследования выбраны льняные ткани разных переплетений и поверхностной плотности (табл.).

Для прогнозирования жесткости структуры льняных тканей, характеризующей способность тканей сопротивляться изменению ортогонального расположения нитей основы и утка, выбраны переплетение и поверхностная плотность тканей, варьировать которой можно за счет линейной плотности нитей основы и утка и плотности тканей. Комплексной характеристикой переплетения выбран коэффициент связности нитей в переплетении [5] по Н. С. Ереминой (см. табл.).

**Таблица**

**Характеристики строения и жесткости исследуемых тканей при сдвиге нитей**

Вид переплетения	Поверхностная плотность ткани $M_s, \text{г/м}^2$	Коэффициент связности нитей в переплетении $C = P_o P_y$	Жесткость при сдвиге $P_{сдв}, \text{сН}$
Сатиновое	204	4,12	54,71
Мелкоузорчатое (саржа ромбов.)	206	2,52	80,29
Мелкоузорчатое (саржа 3/3)	200	4,07	57,06
Мелкоузорчатое (рогожка)	210	5,22	52,95
Мелкоузорчатое	178	7,29	54,12
Мелкоузорчатое (саржа ломаная)	207	5,11	75,00
Мелкоузорчатое (креповое)	186	3,47	92,94
Плотняное	163	5,95	116,47
Мелкоузорчатое (саржа 3/3)	190	2,62	46,09
Мелкоузорчатое (креповое)	214	4,39	90,56
Мелкоузорчатое (саржа 2/2)	211	2,63	71,45
Плотняное	199	2,53	92,01

Прогнозирование реализовано специально разработанной и зарегистрированной компьютерной программой Neuro-Prognosis [6], интерфейс которой представлен на рис. 2. Программа использует двухслойную нейронную сеть с одним скрытым слоем из пяти нейронов с функцией активации – сигмоид. Входными параметрами для

прогнозирования жесткости сдвига выбраны поверхностная плотность ткани  $M_s$ ,  $\text{г/м}^2$ ) и коэффициент связности  $C$  (рис. 3).

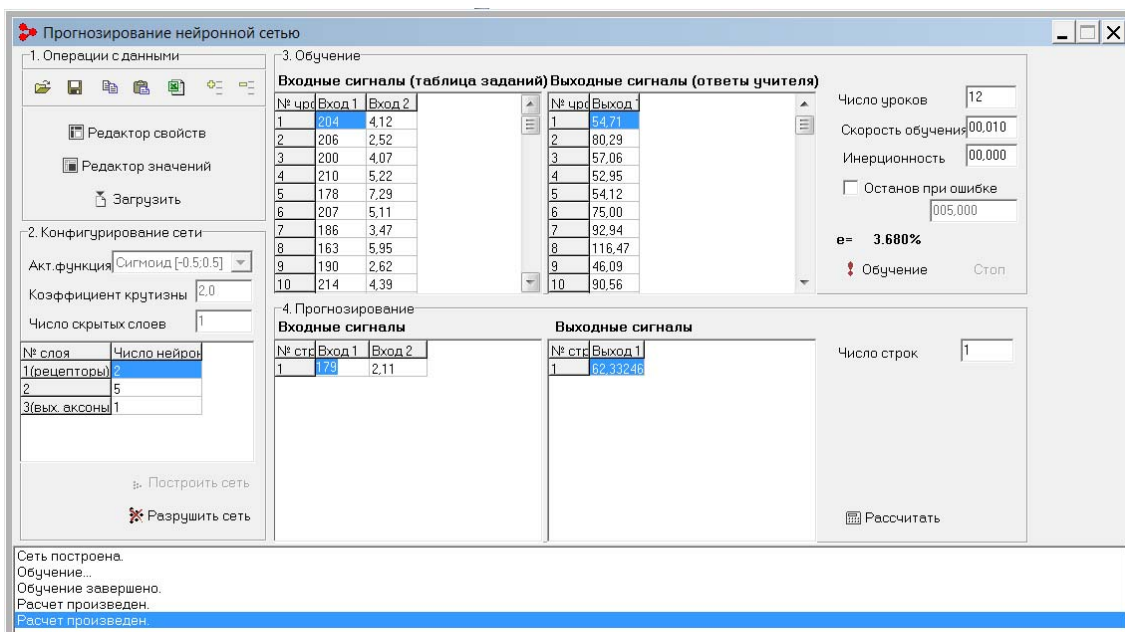


Рис. 2. Окно программы прогнозирования жесткости льняных тканей

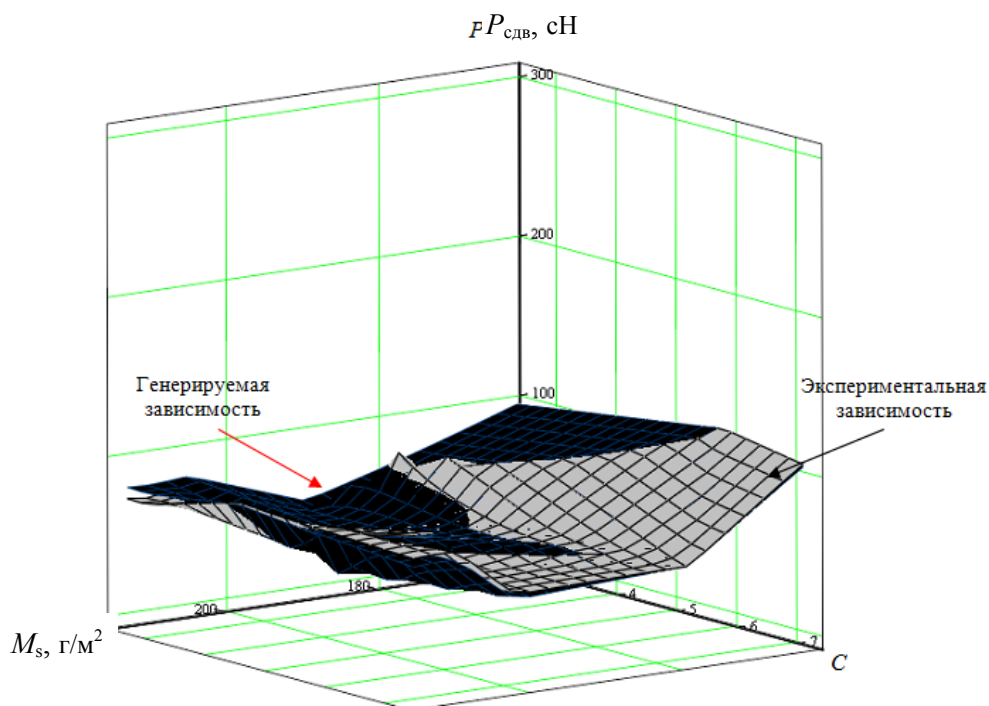


Рис. 3. Экспериментальная и генерируемая зависимости жесткости при сдвиге  $P_{сдв}$  от поверхностной плотности  $M_s$  и коэффициента связности нитей в переплетении  $C$

Проверка качества прогнозирования жесткости при сдвиге с использованием искусственных нейронных сетей (см. рис. 3) проводилась на льняной ткани мелкоузорчатого переплетения, не вошедшей в обучающую выборку. Контрольная ткань имела поверхностную плотность  $179 \text{ г/м}^2$ , коэффициент связности нитей в переплетении 2,11. Экспериментальное значение жесткости 58,24 сН. Прогнозируемое значение жесткости составило 62,33 сН. Ошибка прогнозирования 7,02 %.

Использование прогнозирования свойств тканей позволяет реализовать цифровизацию конфекционирования при отсутствии экспериментальной базы по основным показателям свойств тканей [7–9].

Разработанная методика прогнозирования жесткости льняных тканей при изменении угла между нитями основы и утка позволяет сформировать справочные сведения [10, 11] для научно обоснованного конфекционирования и может быть использована для проектирования швейных изделий высокого качества различных форм и фактур [12]. Методика учитывает современные тренды производственно-продуктового сегмента (в части глубокой кастомизации и индивидуализации производства, формирования модульных продуктов на основе обработки больших данных и использования искусственного интеллекта). Новые формы моделирования и прогнозирования процессов, связанных с изменением архитектуры проектирования швейных изделий из натуральных материалов, на основе их свойств наиболее полно удовлетворяют существующие и новые потребности различных групп потребителей [13, 14].

## ВЫВОДЫ

Предложена методика прогнозирования зависимости жесткости льняных тканей при сдвиге от поверхностной плотности и коэффициента связности нитей в переплетении на основе искусственных нейронных сетей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнова Н. А. Анализ взаимосвязи угла перекоса нитей ткани при формировании с коэффициентом драпируемости // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1997. № 2. С. 18–21.
2. Лапшин В. В., Смирнова Н. А. Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. 107 с.
3. Исследование отечественного прибора для определения свойств текстильных полотен при деформации сдвига / Н. А. Смирнова, В. Е. Кузьмичев, В. В. Замышляева, В. В. Лапшин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 3(369). С. 93–97.
4. Использование методики определения способности тканей к сдвигу нитей для оценки их технологичности / В. В. Замышляева, Н. А. Смирнова, Н. Н. Добрынина, Н. П. Полякова // Дизайн и технологии. 2015. № 48(90). С. 58–63.
5. Справочник по хлопкоткачеству / Э. А. Оников, П. Т. Букаев, А. П. Алленова [и др.] ; науч. ред. Э. А. Оников. М. : Лег. индустрия, 1979. 487 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619528 Neuro-Prognosis: заявл. 25.06.2018; дата регистрации 07.08.2018 / Лапшин В. В., Козловский Д. А., Ершов В. Н., Смирнова Н. А., Замышляева В. В. ; правообладатель ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет». 1 с.
7. Смирнова Н. А., Лапшин В. В., Замышляева В. В. Цифровизация конфекционирования на базе создания интеллектуальных систем // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности : Всероссийская научно-техническая конференция : сб. статей / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань : Изд-во КНИТУ, 2019. С. 270–276.
8. Компьютерные технологии в конфекционировании материалов // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума

- «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» / Н. А. Смирнова, В. С. Белгородский, Е. Г. Андреева, В. В. Замышляева, Н. А. Балакирев, М. А. Гусева, А. В. Разбродин. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. Т. 2. С. 180–186.
9. Смирнова Н. А., Лапшин В. В., Замышляева В. В. Материаловедение в решении задач цифровизации и импортозамещения // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. № 1. С. 94–99.
10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620688. Базовые цифровые шкалы деформационных свойств льносодержащих тканей / Белгородский В. С., Смирнова Н. А., Гусева М. А., Андреева Е. Г., Разбродин А. В., Разумеев К. Э., Гетманцева В. В., Петросова И. А. ; Зарег. в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС) 26.04.2019.
11. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620689. Базовые цифровые шкалы формообразующих свойств льносодержащих тканей / Белгородский В. С., Смирнова Н. А., Гусева М. А., Андреева Е. Г., Разбродин А. В., Разумеев К. Э., Гетманцева В. В., Петросова И. А. ; Зарег. в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС) 26.04.2019.
12. Основные аспекты формирования цифровых моделей для проектирования производства одежды с использованием аддитивных технологий / Е. Г. Белгородский, В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева, И. А. Петросова, Н. А. Смирнова // Текстильная и легкая промышленность. 2019. № 1. С. 23–25.
13. Иванова О. В., Аккуратова О. Л. Практические аспекты проектирования авторских фактур в условиях кастомизированного производства // Дизайн и технологии. 2020. № 75(1). С. 14–23.
14. Иванова О. В. Проектирование складчатых форм в текстиле в условиях цифрового производства на основе дизайн-мышления // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы



Всерос. науч.-практ. конф., 4 апреля 2019. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. С. 29–31. 1 CD.

## REFERENCES

1. Smirnova N. A. Analysis of the relationship of the skew angle of the fabric threads during molding with the drapery coefficient\*. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 1997;2:18–21. (In Russ.)
2. Lapshin V. V., Smirnova N. A. Automated measuring complex as the implementation of the concept of digitalization in light industry\*: monograph. Kostroma, Kostrom. State University, 2019. 107 p. (In Russ.)
3. Smirnova N. A., Kuz'michev V. E., Zamyshlyayeva V. V., Lapshin V. V. Research of the domestic device for determination of properties of textile cloths at shear deformation. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2017;3(369):93–97. (In Russ.)
4. Zamyshlyayeva V. V., Smirnova N. A., Dobrynina N. N., Polyakova N. P. Using a technique for determining the ability of fabrics to shift threads to assess their manufacturability\*. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2015;48(90):58–63. (In Russ.)
5. Onikov E. A., Bukaev P. T., Allenova A. P. [i dr.]. Handbook of cotton production. Moscow, Light industry Publ., 1979. 487 p. (In Russ.)
6. Lapshin V. V., Kozlovskij D. A., Ershov V. N., Smirnova N. A., Zamyshlyayeva V. V. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2018619528 Neuro-Prognosis. Pravoobladatel' FGBOU VO "Kostromskoj gosudarstvennyj universitet" № 2018616521; zayavl. 25.06.2018; data registracii 07.08.2018. (In Russ.)

---

\*Перевод названия источника выполнен автором статьи / Translated by author of the article.

7. Smirnova N. A., Lapshin V. V., Zamyshlyayeva V. V. Digitalization of confection based on the creation of intelligent systems\*. *Fundamental'nye i prikladnye problemy sozdaniya materialov i aspekty tekhnologij tekstil'noj i legkoj promyshlennosti: Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya: sbornik statej* [Fundamental and applied problems of creating materials and aspects of textile and light industry technologies: All-Russian Scientific and Technical Conference: collection of articles]. Kazan, Publishing house of KNITU, 2019, pp. 270–276. (In Russ.)
8. Smirnova N. A., Belgorodskij V. S., Andreeva E. G., Zamyshlyayeva V. V., Balakirev N. A., Guseva M. A., Razbrodin A. V. Computer technologies in the confection of materials\*. *Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma «Vtorye mezhdunarodnye Kosygin'skie chteniya, priurochennyye k 100-letiyu RGU imeni A. N. Kosygina»* [Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium “The second International Kosygin Readings dedicated to the 100th anniversary of the Kosygin Russian State University”]. Moscow, RGU im. A. N. Kosygina, 2019, vol. 2, pp. 180–186. (In Russ.)
9. Smirnova N. A., Lapshin V. V., Zamyshlyayeva V. V. Materials science in solving the problems of digitalization and import substitution\*. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)]. 2020;1:94–99. (In Russ.)
10. Belgorodskij V. S., Smirnova N. A., Guseva M. A., Andreeva E. G., Razbrodin A. V., Razumeev K. E., Getmanceva V. V., Petrosova I. A. Basic digital scales of deformation properties of flax-containing fabrics\*. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh №2019620688. Zareg. v reestre baz dannyh Federal'noj sluzhby po intellektual'noj sobstvennosti (FSIS) 26.04.2019. (In Russ.)
11. Belgorodskij V. S., Smirnova N. A., Guseva M. A., Andreeva E. G., Razbrodin A. V., Razumeev K. E., Getmanceva V. V., Petrosova I. A. Basic

digital scales of shaping properties of flax-containing fabrics\*. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh №2019620689. Zareg. v reestre baz dannyh Federal'noj sluzhby po intellektual'noj sobstvennosti (FSIS) 26.04.2019. (In Russ.)

12. Belgorodskij E. G., Getmanceva V. V., Andreeva E. G., Petrosova I. A., Smirnova N. A. The main aspects of the formation of digital models for the design of clothing production using additive technologies\*. *Tekstil'naya i legkaya promyshlennost'* [Textile and light industry]. 2019;1:23–25. (In Russ.)
13. Ivanova O. V., Akkuratova O. L. Practical aspects of designing author's invoices in the conditions of customized production\*. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2020;75(1):14–23. (In Russ.)
14. Ivanova O. V. Designing of folded forms in textiles in the conditions of digital production based on design thinking\*. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific research and development in the field of design and technology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Kostroma, Kostrom. State University, 2019, pp. 29–31. (In Russ.)