



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
(до 2016 года «Вестник  
Костромского государственного  
технологического университета»)

Издается с 1999 года

2021

№ 3(53)

ОКТАБРЬ

# TECHNOLOGIES & QUALITY

SCHOLARLY JOURNAL  
(up to 2016 “Bulletin  
of the Kostroma State  
Technological University”)

Appears since 1999

2021

№ 3(53)

OCTOBER

**Реферируемое издание ВИНТИ Российской академии наук**

**Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2011 года**

**Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий (Перечень ВАК),**  
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученой степени кандидата наук,  
на соискание ученой степени доктора наук  
по следующим отраслям:

- 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности;
- 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья;
- 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главный редактор

СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА СМIRНОВА  
кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет

### Ответственный редактор

ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ РУДОВСКИЙ  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ БЕСЧАСТНОВ

доктор искусствоведения, профессор, Российский  
государственный университет им. А. Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)

### СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНIN

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХIN

доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет

### ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА

кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет

### МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ

доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет

### ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургская государственная  
художественно-промышленная академия  
им. А. Л. Штиглица

### МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет

### АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХIN

доктор технических наук, профессор,  
Ивановский государственный политехнический университет

### СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ПАЛОЧКИН

доктор технических наук, профессор, Московский  
государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

### НАДЕЖДА АНАТОЛЬЕВНА СМIRНОВА

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ СТАРОВЕРОВ

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

### ВЕЙЛИН СЮ

профессор,  
Уханьский текстильный университет (КНР)

## EDITORIAL BOARD STAFF

### Editor-in-chief

SVETLANA GENNADIEVNA SMIRNOVA  
Candidate of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

### Executive Secretary

PAVEL NIKOLAEVICH RUDOVSKY  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### NIKOLAY PETROVICH BESCHASTNOV

Doctor of the Science of Art, Professor,  
Kosygin Russian State University  
(Technologies. Design. Art)

### SERGEY ILICH GALANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### ALEKSANDR PAVLOVICH GRECHUKHIN

Doctor of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

### LYUDMILA YURYEVNA KIPRINA

Candidate of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

### MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV

Doctor of Technical Sciences, Docent,  
Kostroma State University

### ZHANNA YURYEVNA KOYTOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State Academy  
of Art and Design  
named after A. L. Stieglitz

### MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State University  
of Economics

### ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### ALEKSEY YURYEVICH MATROHIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Ivanovo State Polytechnic University

### SERGEY VLADIMIROVICH PALOCHKIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Bauman Moscow State Technical University

### NADEZHDA ANATOLEVNA SMIRNOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### GALINA GEORGIYEVNA SOKOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### BORIS ALEKSANDROVICH STAROVEROV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### WEILIN XU

Professor,  
Wuhan Textile University (China)

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Лапшин В. В., Иванова О. В., Волкова М. Д.**  
Оценка и прогнозирование жесткости структуры  
льняных тканей

**Зими́на М. В., Чагина Л. Л.**  
Анализ специфических особенностей адаптивной  
одежды для людей с ограниченными  
двигательными возможностями

**Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф.,  
Желтухин В. С.**  
Математическая модель взаимодействия  
низкоэнергетических ионов инертного газа  
с полипропиленом в высокочастотной плазме  
емкостного разряда пониженного давления

### ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

**Лысова М. А., Дрягина Л. В.,  
Грузинцева Н. А., Гусев Б. Н.**  
Унификация системы кодирования текстильных  
изделий

**Родичева М. В., Абрамов А. В.,  
Гнеушева Е. М.**  
Развитие принципов проектирования  
вентилируемой одежды для защиты  
от биологических опасностей

**Букина С. В., Ситникова Т. А.**  
К вопросу определения критической скорости  
резания механизма формирования и обрезки  
ложной кромки ткацкого рапирного станка фирмы  
Dornier

**Севостьянов П. А., Монахов В. И.,  
Самойлова Т. А., Вахромеева Е. Н.,  
Зензинова Ю. Б.**  
Модель удлинения и разрыва тканого полотна  
с учетом неоднородности и взаимодействия нитей  
основы и утка

**Муродов О. Ж.**  
Снижение повреждаемости семян в сепараторе  
хлопка-сырца

**Бодрякова Н. П.**  
Влияние условий хранения сырья  
на сохранение свойств  
 мехового полуфабриката

## CONTENTS

### MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

**5 Lapshin V. V., Ivanova O. V., Volkova M. D. 5**  
Evaluation and prediction of the rigidity  
of the structure of linen fabrics

**11 Zimina M. V., Chagina L. L. 11**  
Analysis of the range of adaptive clothing  
for people with motor disabilities

**18 Timoshina Y. A., Voznesensky E. F.,  
Zheltukhin V. S. 18**  
Mathematical model of the interaction  
of low-energy inert gas ions with polypropylene  
in radio-frequency plasma of low pressure

### TECHNOLOGY AND PRIMARY PROCESSING OF TEXTILE FABRICS AND RAW MATERIALS

**24 Lysova M. A., Dryagina L. V.,  
Gruzintseva N. A., Gusev B. N. 24**  
Unification of the coding system textile  
products

**30 Rodicheva M. V., Abramov A. V.,  
Gneusheva E. M. 30**  
Development of ventilated clothing design  
principles for protection against  
biological hazards

**37 Bukina S. V., Sitnikova T. A. 37**  
On the issue of determining the critical cutting  
speed of the mechanism for forming  
and trimming the false edge of the Dornier  
rapier loom

**41 Sevostyanov P. A., Monakhov V. I.,  
Samoilova T. A., Vakhromeeva E. N.,  
Zenzinova J. B. 41**  
A model of the woven fabric elongation and  
breaking with influence of warp and weft  
threads unevenness and interaction

**48 Murodov O. Zh. 48**  
Reducing seed damage in the raw cotton  
separator

**52 Bodryakova N. P. 52**  
The influence of the storage conditions  
of raw materials on the preservation of the  
properties of the fur semi-finished product

**ДИЗАЙН**

**Бондаренко М. В., Ковалева О. В.**  
Генезис и исторические изменения форм костюма  
из трикотажа

**Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В.**  
Геометрический орнамент в дизайне ювелирных  
изделий с художественными эмальями

**ТРЕБОВАНИЯ  
К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ****DESIGN**

**59 Bondarenko M. V., Kovaleva O. V.** 59  
Genesis and historical changes in the form  
of knitwear

**65 Muzykantova M. E., Lebedeva T. V.** 65  
Geometric ornament in jewelry design with  
artistic enamels

**72 REQUIREMENTS** 72  
**TO REGISTRATION OF ARTICLE**

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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 государственный 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

**Для цитирования:** Лапшин В. В., Иванова О. В., Волкова М. Д. Оценка и прогнозирование жесткости структуры льняных тканей // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 5–10. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-5-10>.

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 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

**For citation:** Lapshin V. V., Ivanova O. V., Volkova M. D. Evaluation and prediction of the rigidity of the structure of linen fabrics. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-5-10>.

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 кроя 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.

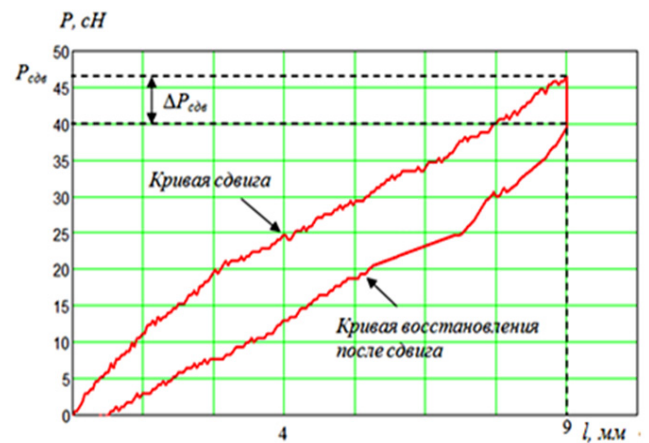


Рис. 1. Диаграмма сдвига нитей и восстановления после сдвига

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 $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Коэффициент связности нитей в переплетении $C = P_o P_y$	Жесткость при сдвиге $P_{сдв}$ , 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  $M_s$ , г/м<sup>2</sup> и коэффициент связности  $C$  (рис. 3).

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 г/м<sup>2</sup>, 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.

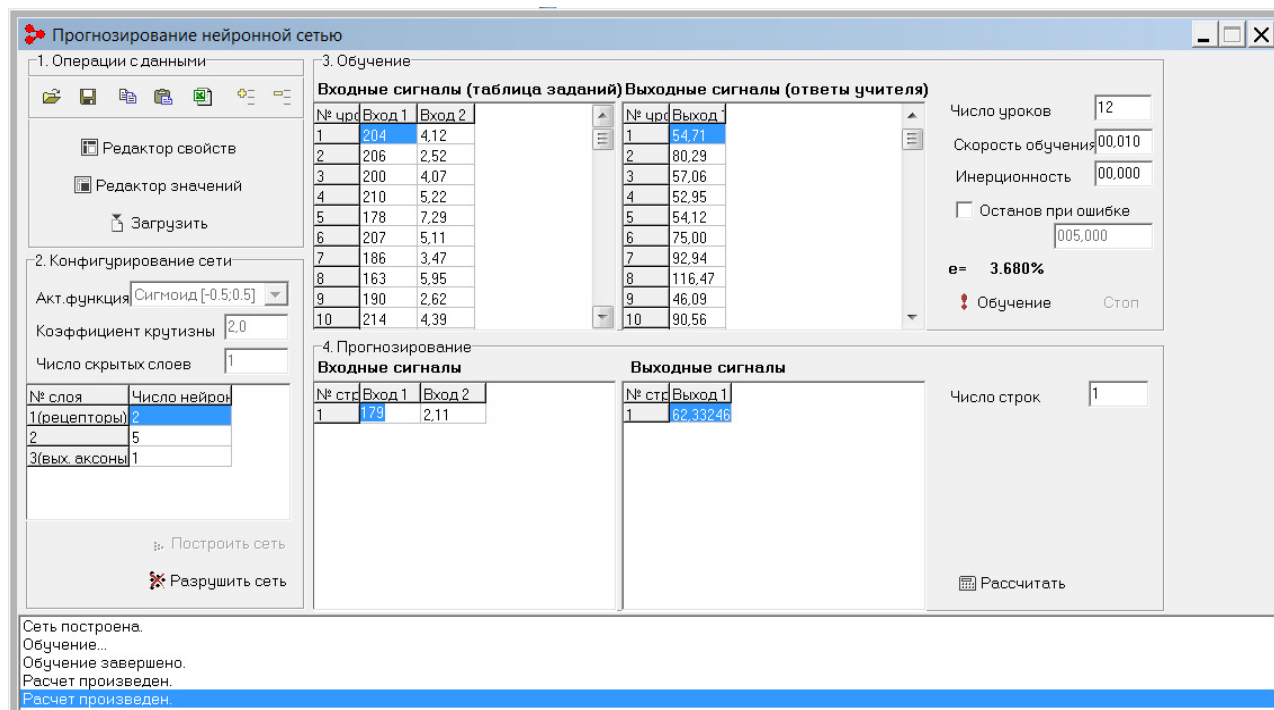


Рис. 2. Окно программы прогнозирования жесткости льняных тканей

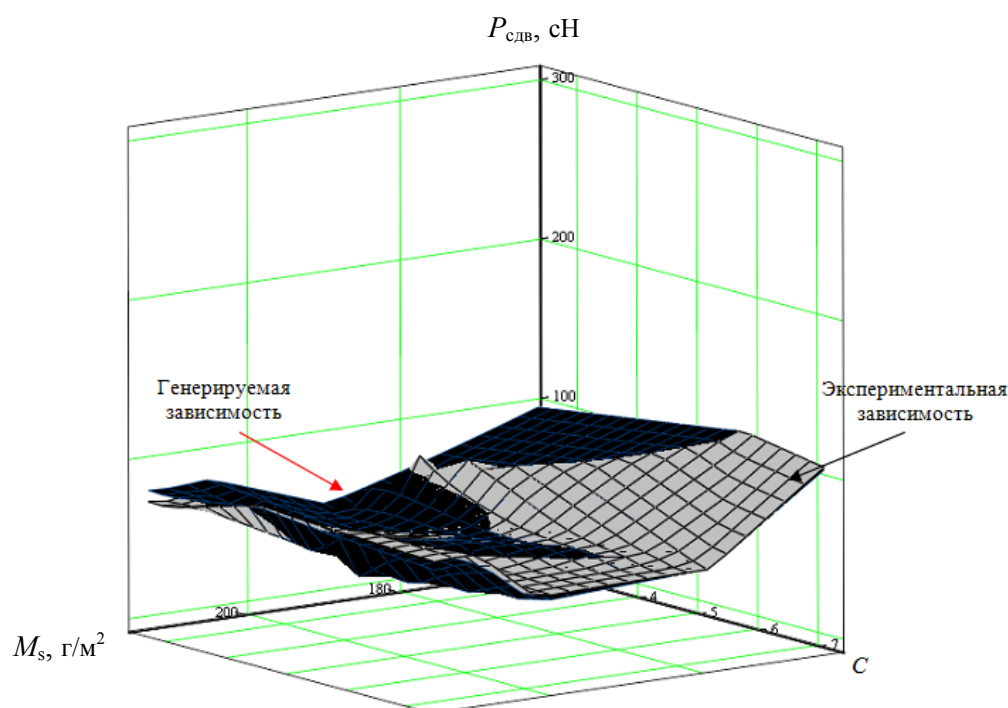


Рис. 3. Экспериментальная и генерируемая зависимости жесткости при сдвиге  $P_{сдв}$  от поверхностной плотности  $M_s$  и коэффициента связности нитей в переплетении  $C$

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнова Н. А. Анализ взаимосвязи угла перекоса нитей ткани при формовании 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.* [Certificate of state registration of a computer program No 2018619528 "Neuro-Prognosis": app. 06.25.2018; registration date 07.08.2018; copyright holder of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State University"]. (In Russ.)
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: Vserossijskaya 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, priurochennye 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

---

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

- 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* [Certificate of state registration of the database No 2019620688. Registered in the register of databases of the Federal Service for Intellectual Property (FSIP) 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* [Certificate of state registration of the database No 2019620689. Registered in the register of databases of the Federal Service for Intellectual Property (FSIP) 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.)

Статья поступила в редакцию 17.03.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

---

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

Научная статья

УДК 677.017

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-11-17

Марина Валерьевна Зими́на<sup>1</sup>

Любовь Леонидовна Чагина<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>ziminamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

<sup>2</sup>lyu-chagina@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

## АНАЛИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы классификации адаптивной одежды, представлены основные требования к проектированию, технологии и материалам. Проведенное аналитическое исследование показало, что требования к специальной одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями как инструменту психологической и медико-социальной реабилитации и адаптации являются более высокими по сравнению с одеждой для здоровых людей. Установлена ведущая роль свойств материалов в формировании качества адаптивной одежды. Выявлены и систематизированы особенности проектирования рассматриваемого ассортимента изделий в категориях: конструкция, технология, фурнитура.

**Ключевые слова:** люди с ограниченными двигательными возможностями, адаптивная одежда, требования, системы материалов, особенности одежды для маломобильных граждан, проектирование специальной одежды, эксплуатационные качества одежды

**Для цитирования:** Зими́на М. В., Чагина Л. Л. Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 11–17. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-11-17>

Original article

Marina V. Zimina<sup>1</sup>

Lyubov L. Chagina<sup>2</sup>

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

## ANALYSIS OF THE RANGE OF ADAPTIVE CLOTHING FOR PEOPLE WITH MOTOR DISABILITIES

**Abstract.** The article deals with the classification of adaptive clothing, presents the main requirements for design, technology and materials. The conducted analytical study showed that the requirements for special clothing for people with motor disabilities as a tool for medical and social and social rehabilitation are higher than those for healthy people. The leading role of materials in shaping the quality of adaptive clothing is established. The authors identify and systematise the design features of the considered product range in such categories as design, technology, accessories.

**Keywords:** people with motor disabilities, adaptive clothing, requirements, materials systems, features of clothing for people with limited mobility, design of special clothing, service performance of clothing

**For citation:** Zimina M. V., Chagina L. L. Analysis of the range of adaptive clothing for people with motor disabilities. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 11–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-11-17>.

Проблема интеграции инвалида в современное общество – актуальная задача, стоящая перед глобализующимся миром, представляющая национальный и международный интерес. В настоящее время на территории Российской Федерации проживает порядка 13 млн граждан с той или иной формой инвалидности, порядка 400 тысяч из них маломобильные граждане, которые являются более уязвимой категорией.

Инвалидность – это любое ограничение или неспособность выполнять определенную деятельность, относящуюся к интервалу, который считается «нормальным» для человека. Инвалиды характеризуются недостатками или излишествами в деятельности или поведении, которые обычно ожидаются от человека; они могут быть временными или постоянными, обратимыми или необратимыми, прогрессирующими или регрессивными. Физические ограничения, требующие использования инвалидных колясок,

© Зими́на М. В., Чагина Л. Л., 2021

подразумевают производство специальной одежды, отвечающей определенным потребностям на функциональном и/или терапевтическом уровне. Согласно правительственным документам: приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13.02.2018 года № 086н и распоряжению Правительства № 2347-р, каждый человек с ограниченными двигательными возможностями должен быть обеспечен этим видом одежды [1].

Потребности маломобильных граждан различны, поэтому существует необходимость разработки одежды с учетом их требований. Требования к специальной одежде для инвалидов регламентируются ГОСТ Р 54408–2011 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия» [2]. В соответствии с данным стандартом одежда классифицируется

по видам одежды, конструктивному устройству и функциональному назначению (рис.).

Для людей с ограниченными возможностями здоровья использование специальной одежды, маскирующей при необходимости физические дефекты и частично компенсирующей утраченные функции, позволяет повысить психологический комфорт, и поэтому проектирование и производство такой одежды является чрезвычайно актуальной задачей как в психологическом, так и медико-социальном аспектах. Данный элемент адаптации является важным условием создания безбарьерной, психологически комфортной, безопасной среды для людей с ограниченными возможностями и необходимым условием построения эффективной системы реабилитации и успешного возвращения людей с инвалидностью к трудовой деятельности и в социум.

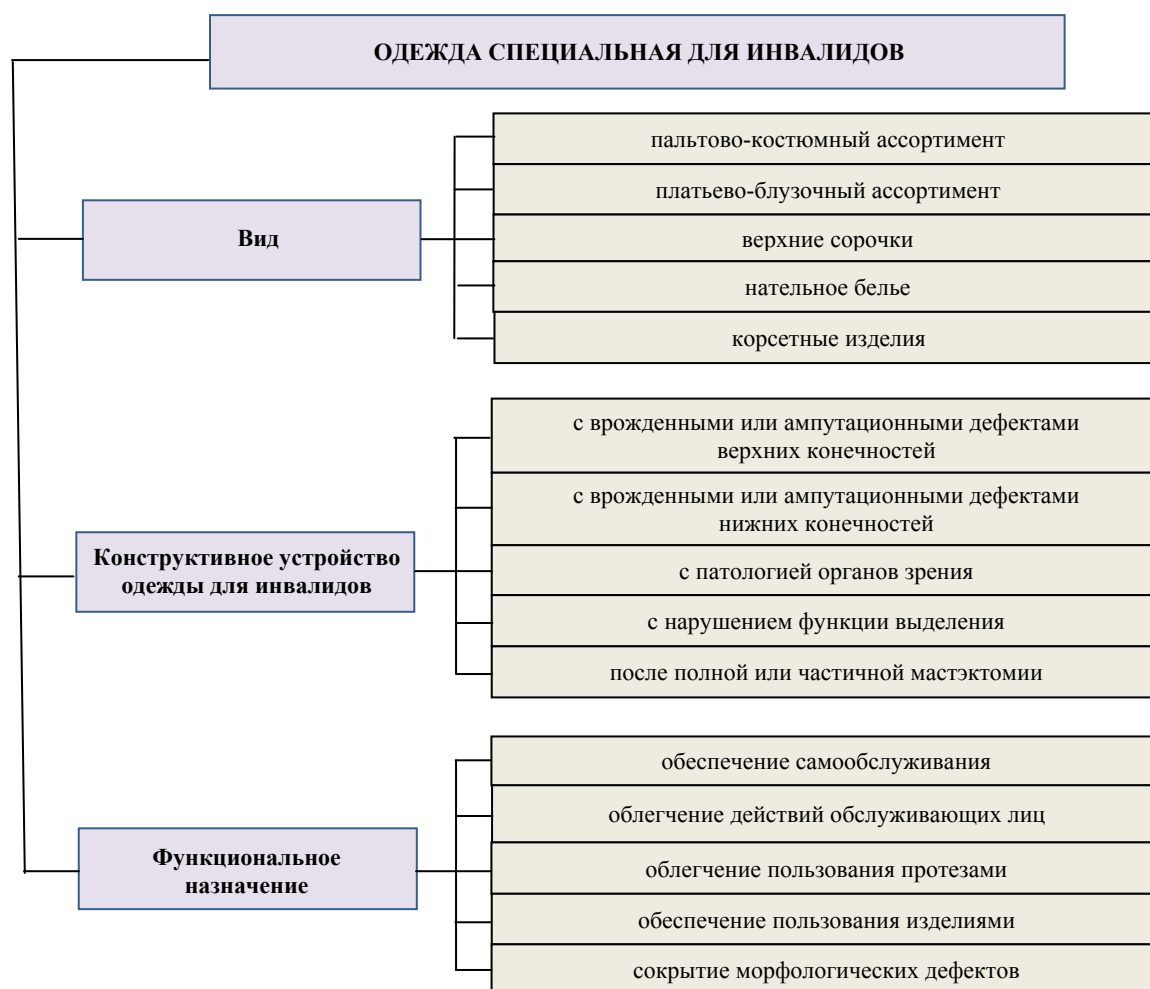


Рис. Классификация специальной одежды для инвалидов

Проектирование специальной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья должно включать учет изменения формы тела, ограничения подвижности, психологические и социальные потребности. Создание этого

вида одежды выходит за известные общепринятые границы, переплетаясь с другими областями, такими как психология, социология, медицина, биотехнология, нанотехнологии, физика, вычислительная техника, чтобы соответствовать

сложным и многогранным требованиям пользователей-инвалидов. Одежда для особых нужд представляет собой класс функциональной одежды, которая разработана для улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями; форма тела, размер, подвижность и умения которых значительно отличаются от «нормальных людей» [3]. Немаловажную роль в процессе создания одежды играют материалы [4–10]. При этом в адаптивной одежде качественные характеристики материалов являются определяющими. Каждый слой системы материалов имеет ряд оригинальных и достаточно жестких требований. В соответствии с требованиями в бельевых изделиях должны применяться гипоаллергенные материалы. В изделиях костюмного ассортимента в качестве подкладки необходимы полотна из натуральных или искусственных волокон, за исключением ацетатных и триацетатных. Одним из обязательных критериев при конфекционировании материалов для адаптивной одежды является обеспечение требований безопасности [2].

Объектом исследования данной статьи является специальная одежда для людей с ограниченными двигательными возможностями. Одними из важных показателей качества этой одежды являются эксплуатационные. Надежность – важнейшая эксплуатационная характеристика одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями, ее показатели определяют степень стабильности сохранения качества одежды в процессе эксплуатации.

Созданием и реализацией адаптивной одежды занимаются как в России, так и за рубежом [11–25]. В настоящее время проблемой является то, что дизайнеры во всем мире недостаточно знакомы с *accessible fashion* и боятся работать с людьми с особенностями. Известны разработки одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями специалистов из Канады, США, Японии. Британская высшая школа дизайна, лаборатория *Open Style Lab*, основанная школой дизайна Парсонс, *Tommy Hilfiger*, фирмы *BUCK & BUCK*, *Professional fit Clothing*, *Silvert's* и другие занимаются дизайном и выпуском одежды для данной целевой аудитории [19–22]. Весь ассортимент одежды представлен промышленными образцами и распространяется в основном через специализированные интернет-сайты.

В России наиболее известной компанией по производству и реализации адаптивной одежды является студия универсального дизайна Галины Волковой ООО «Ортомода» [23]. Также производителями изделий и функциональной

одежды для инвалидов являются ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г. А. Альбрехта Минтруда России» [24], ООО «Криптомед» (г. Москва) [25].

На основе проведенного аналитического исследования работ специалистов научных организаций и производителей адаптивной одежды выявлены и систематизированы особенности проектирования рассматриваемого ассортимента изделий в категориях: конструкция, технология, фурнитура, аксессуары (табл.). Определены и обоснованы используемые при создании инклюзивной одежды особенности, позволяющие при необходимости маскировать физические дефекты и частично компенсировать утраченные функции, повысить уровень самообслуживания и снизить зависимость от посторонней помощи.

Аналитический обзор и систематизация существующего ассортимента адаптивной одежды в нашей стране и за рубежом позволили сделать вывод, что конструктивное устройство адаптивной одежды более сложное в сравнении с повседневной одеждой. В специальной одежде для инвалидов каждая деталь должна быть продумана и приспособлена к определенным условиям эксплуатации с учетом вида заболевания. При разработке конструктивного решения необходимо учитывать физиологические особенности людей с ограниченными двигательными возможностями, что позволит максимально скрыть морфологические дефекты, повысить психологический комфорт и уровень самообслуживания, облегчить действие лиц, занятых уходом за ними.

## ВЫВОДЫ

1. На основе информации национального стандарта с использованием критериев (вид одежды, конструктивное устройство и функциональное назначение) составлена классификация специальной одежды для инвалидов, позволяющая выявить направления расширения ассортимента исследуемой категории изделий.

2. Проведено аналитическое исследование, которое показало наличие более высоких требований к специальной одежде для людей с ограниченными двигательными возможностями как инструменту психологической и медико-социальной реабилитации и адаптации по сравнению с одеждой для здоровых людей.

3. Определены, систематизированы и обоснованы особенности проектирования рассматриваемого ассортимента изделий в категориях:

конструкция, технология, фурнитура, позволяющие людям с ограниченными возможностями здоровья при необходимости маскировать физические дефекты и частично компенсиро-

вать утраченные функции, повысить уровень самообслуживания и снизить зависимость от посторонней помощи.

Таблица

## Особенности проектирования адаптивных изделий

Наименование изделия	Специфические особенности		
	Категория	Сущность	Функция
Шорты-боксеры 	Конструкция	На задней половинке увеличена высота среднего шва	В соответствии с физиологией человека в сидячем положении
		Горизонтальный доступ	Удобство в эксплуатации
		Меньшие прибавки, чем у обычного белья	Плотное прилегание к телу
	Технология	Бесшовная	Предупреждение повреждения кожи
Мешок для ног 	Конструкция	Анатомический крой	Удобство в эксплуатации
		Удлиненная передняя часть	Защита от холода
		Накладной карман сбоку	Удобство использования
	Технология	Накладная деталь по периметру молнии	Защита от попадания влаги внутрь
	Фурнитура	Шнур	Регулировка ширины
		П-образная молния по периметру изделия	Расстегивание с любой стороны, верхняя часть полностью снимается
Аксессуары	Система локального обогрева	Создание теплового комфорта	
Плащ-накидка 	Конструкция	Изделие расклешенное, полочка и спинка цельнокроеные с рукавом	Удобство использования для людей с нарушением координации движения
		Полностью закрывает ноги и кресло-коляску	Защита от влаги, холода
	Фурнитура	Магнитная застежка	Фиксация изделия на теле, имитация рукава
		Шнур	Регулировка ширины
Куртка 	Конструкция	Укороченная полочка	Изделие не упирается в ноги, не образует складок
		Спинка удлиненная по сравнению с полочкой	Закрыт поясничный отдел спины
		Вентиляционные отверстия в боковых швах и рукаве	Отвод излишков тепла из пододежного слоя
	Технология	На подкладке обработан накладной карман	Удобство в эксплуатации для человека со спастикой или контрактурой рук
	Фурнитура	Застежка velcro	Удобство в эксплуатации
		В движок молнии вставлено кольцо	Облегчение эксплуатации человеком со спастикой или контрактурой рук
Аксессуары	Дополнительные протекторы	Создание теплового комфорта	
Чехол-комбинезон 	Конструкция	Изделия расклешенное, спинка до линии бедер, с двумя молниями	Удобство в эксплуатации, возможность фиксации изделия поверх спинки кресла-коляски
		Петли-ручки по боковым сторонам	Удобство перемещения инвалида в коляску
		Технология	Застежка-молния по центру полочки до накладного кармана
	Фурнитура	Застежка-молния	Удобство одевания/снятия
		Шнур	Регулировка ширины
		Светоотражающая лента	Защита в темное время суток

Окончание табл.

Наименование изделия	Специфические особенности		
	Категория	Сущность	Функция
<b>Перчатки</b> 	Конструкция	Гелевые вставки с добавлением пены	Защита ладони, поглощение вибрации, снижение усталости рук при управлении креслом-коляской
	Технология	Двойные швы	Прочность соединения деталей
<b>Шарф</b> 	Конструкция	Внутренняя ветрозащитная мембранная вставка	Защита от ветра шеи и одежды при употреблении пищи и слюноотделении
	Фурнитура	Застежка velcro	Обеспечивает удобство одевания/снятия
<b>Брюки</b> 	Конструкция	Увеличенная глубина сиденья	Возможность использования памперса
		Расстегивающиеся боковые швы	Возможность свободного доступа к протезу
		На задней половине увеличена высота среднего шва	Соответствие физиологии человека в сидячем положении
		Выгачка от бокового шва к колену	Свободное сгибание колена
		Смещение бокового шва к передней части	Удобство в эксплуатации
	Технология	Пояс на «резинке»	Удобство в эксплуатации
		Накладная деталь на молнии	Защита от попадания влаги в пододежное пространство
	Фурнитура	Разъемные молнии	Удобство в эксплуатации
		Застежка Velcro, пуговицы/брючный крючок над молнией	Обеспечение дополнительной фиксации
	Аксессуары	Дополнительные протекторы	Создание теплового комфорта

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Люди с ограниченными возможностями в XXI веке: новые возможности и перспективы // КГИ : официальный сайт. URL: <https://komitetgi.ru/analytics/4075> (дата обращения: 05.02.2021).
2. ГОСТ Р 54408–2011. Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия. Введ. 2011–09–16. М. : Стандартинформ, 2011. 8 с.
3. Designing functional clothes for persons with locomotor disabilities / Curteza A., Cretu V., Macovei L., Poboroniuc M. // AUTECH Research Journal, Vol. 14, No 4, December 2014, DOI: 10.2478/aut-2014-0028.
4. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 45–48.
5. Омирова М. З., Чагина Л. Л., Груздева А. П. Комплексная оценка качества тентовых материалов // Технологии и качество. 2020. № 2(48). С. 3–7.
6. Чагина Л. Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 2(350). С. 91–95.
7. Чагина Л. Л., Рыжов Е. С. Формирование номенклатуры свойств материалов, определяющих качество тентов для водного транспорта // Технологии и качество. 2018. № 1(39). С. 8–12.
8. Копарева Е. М., Чагина Л. Л., Рассадина С. П. Использование комплексных показателей для оценки качества льняных трикотажных полотен // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2016. № 1(36). С. 32–35.
9. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А., Вершинина А. В. Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 5(326). С. 10–14.
10. Чагина Л. Л. Разработка номенклатуры показателей качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2009. № 21. С. 60–62.

11. Приходченко О. В. Разработка и исследование адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04. Шахты, 2007. 28 с.
12. Савельева Н. Ю., Приходченко О. В. Определение требований к проектированию специальной одежды для людей с ограниченными возможностями движения // Швейная промышленность. 2007. № 1. С. 35–36.
13. Манукян К. А., Сафина Л. А., Хамматова Э. А. Проектирования одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями // Вестник технологического университета. 2017. № 6. С. 79–82.
14. Савченков И. Е., Бахтина Е. Ю., Сурженко Е. Я. Некоторые особенности проектирования функционально-эстетической одежды для инвалидов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2005. № 11. С. 25.
15. Реабилитация и профилактика инвалидности: одежда, корректирующие приспособления / Е. Г. Андреева, Н. С. Мокеева, Т. В. Глушкова, О. Н. Харлова, Э. Н. Чулкова. М. : МГУДТ, 2010. 89 с.
16. Голубчикова А. В. Основы инклюзивного дизайна текстильных средств реабилитации для детей : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 17.00.06. М., 2021. 32 с.
17. Нуржасарова М. А., Жаунгарова А. А., Дуйсебаева А. Б. Разработка требований, предъявляемых к одежде для детей с ограниченными возможностями // Инновационные подходы и технологии в создании безбарьерной среды для людей с ограниченными возможностями : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. 19 июня 2014 г. / М-во образования и науки РФ, Мос. гос. ун-т технологий и упр. им. К. Г. Разумовского (Первый казачий ун-т). М. : Экон-информ, 2014. С. 251–255.
18. Коробцева Н. А. Основные положения имидж-дизайна для людей с ограниченными физическими возможностями // Дизайн и технологии. 2014. № 41(83). С. 37–42.
19. Tommy Hilfiger : официальный сайт компании. URL: <https://usa.tommy.com/en/tommy-adaptive> (дата обращения: 06.02.2021).
20. BUCK & BUCK : официальный сайт компании. URL: <https://www.buckandbuck.com> (дата обращения: 06.02.2021).
21. Professional fit Clothing : официальный сайт компании. URL: <https://www.professionalfit.com/collections/jumpsuits> (дата обращения: 06.02.2021).
22. Silvert's adapting clouses : официальный сайт компании. URL: <https://www.silverts.com> (дата обращения: 06.02.2021).
23. Ортомоды: Студия универсального дизайна Галины Волковой : официальный сайт компании. URL: <http://www.studio.orthomoda.ru/clothes> (дата обращения: 06.02.2021).
24. Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г. А. Альбрехта Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации : официальный сайт. URL: <http://www.center-albreht.ru> (дата обращения: 06.02.2021).
25. Интернет-магазин адаптивной одежды «Криптомед» : официальный сайт компании. URL: <http://www.kriptomed.com> (дата обращения: 06.02.2021).

## REFERENCES

1. People with disabilities in the XXI century: new opportunities and prospects. KGI: official website. URL: <https://komitetgi.ru/analytics/4075> (Accessed 05.02.2021).
2. State Standard R 54408–2011. Special clothing for the disabled. General technical conditions. Introduction. 2011–09–16. Moscow, Standardinform Publishing House, 2011. 8 p.
3. Kurteza A., Cretu V., Makovei L., Poboronyuk M. Development of functional clothing for people with disorders of the musculoskeletal system. Research Journal AUTEX.2014;14,4. DOI: 10.2478/aut-2014-0028.
4. Chagina L. L., Smirnova N. A. The influence of the properties of the initial components of the clothing package on the quality of the finished product. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2008;17:45–48. (In Russ.)
5. Amirova M. Z., Chagina L. L., Gruzdeva A. P. Complex assessment of the quality of tent materials // *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;2(48):3–7. (In Russ.)
6. Chagina L. L. Influence of the properties of knitted fabric on the design characteristics of the product // News of higher educational institutions. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya*



- Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2014;2(350):91–95. (In Russ.)
7. Chagina L. L., Ryzhov E. S. Formation of the nomenclature of properties of materials that determine the quality of awnings for water transport. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;1(39): 8–12. (In Russ.)
  8. Kokareva E. M., Chagina L. L., Rassadina S. P. The use of complex indicators for assessing the quality of linen knitted fabrics. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2016;1(36):32–35. (In Russ.)
  9. Chagina L. L., Smirnova N. A., Vershinina A. V. Research and consideration of deformation properties in the design of clothing made of linen knitted fabrics. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2010;5(326):10–14. (In Russ.)
  10. Chagina L. L. Development of the nomenclature of quality indicators of linen knitted fabrics for upper products. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2009;21:60–62. (In Russ.)
  11. Prikhodchenko O. V. Development and research of adaptive clothing for people with motor disabilities: abstract of the dissertation of the Candidate of technical Sciences: 05.19.04. Shakhty, 2007. 28 p.
  12. Savelyeva N. Y., Prikhodchenko O. V. Definition of requirements for the design of special clothing for people with disabilities. *Shveytnaya promyshlennost'* [Sewing industry]. 2007;1:35–36. (In Russ.)
  13. Manukyan K. A., Safina L. A., Khammatova E. A. Designing clothes for people with limited motor abilities in accordance with ergonomic and operational requirements. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2017;6:79–82. (In Russ.)
  14. Savchenkov I. E., Bakhtina E. Yu., Surzhenko E. Ya., Some features of designing functional and aesthetic clothing for the disabled. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design]. 2005;11:25. (In Russ.)
  15. Andreeva E. G., Mokeeva N. S., Glushkova T. V., Kharlova O. N., Chulkova E. N. Rehabilitation and prevention of disability: clothing, corrective devices. Moscow, MGUDT, 2010. 89 p.
  16. Golubchikova A. V. Fundamentals of inclusive design of textile means of rehabilitation for children: abstract of the Doctor of Technical Sciences: 17.00.06. Moscow, 2021. 32 p.
  17. Nurzhasarova M. A., Zhaungarova A. A., Duysebaeva A. B. Development of requirements for clothing for children with disabilities. *Innovacionnye podhody i tekhnologii v sozdanii bezbar'ernoj sredy dlya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami* [Innovative approaches and technologies in creating a barrier-free environment for people with disabilities]: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference on June 19, 2014 / Education and Science of the Russian Federation, Moscow State University of Technologies and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University). Moscow, Ekon-inform Publishing House, 2014. pp. 251–255.
  18. Korobtseva N. A. The main provisions of image design for people with disabilities. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2014;41(83):37–42. (In Russ.)
  19. Tommy Hilfiger: the official website of the company. URL: <https://usa.tommy.com/en/tommy-adaptive> (Accessed 06.02.2021).
  20. BUCK & BUCK: the official website of the company. URL: <https://www.buckandbuck.com> (Accessed 06.02.2021).
  21. Professional fit Clothing: official website of the company. URL: <https://www.professionalfit.com/collections/jumpsuits> (Accessed 06.02.2021).
  22. Silvert's adapting clouds: the official website of the company. URL: <https://www.silverts.com> (Accessed 06.02.2021).
  23. Ortomoda: Universal design Studio of Galina Volkova: the official website of the company. URL: <http://www.studio.orthomoda.ru/clothes> (Accessed 06.02.2021).
  24. St. Petersburg Scientific and Practical Center for Medical and Social Expertise, Prosthetics and Rehabilitation of Disabled People named after G. A. Albrecht of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation (St. Petersburg): official website. URL: <http://www.center-albreht.ru> (Accessed 06.02.2021).
  25. Online store of adaptive clothing “Cryptomed”: the official website of the company. URL: <http://http://www.kriptomed.com> (Accessed 06.02.2021).

Научная статья

УДК 533.924: 677.494

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-18-23

**Юлия Александровна Тимошина**<sup>1</sup>

**Эмиль Фаатович Вознесенский**<sup>2</sup>

**Виктор Семенович Желтухин**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

<sup>1</sup>yubuki@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4684-1510>

<sup>2</sup>howrip@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7493-1471>

<sup>3</sup>vzheltukhin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4452-2110>

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОНОВ ИНЕРТНОГО ГАЗА С ПОЛИПРОПИЛЕНОМ В ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМЕ ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА Пониженного Давления

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты расчета методом классической молекулярной динамики взаимодействия низкоэнергетических (до 100 эВ) ионов с поверхностью полипропиленовых волокнистых материалов в высокочастотной (ВЧ) плазме аргона при пониженном давлении. Для создания полноатомной модели использован универсальный программный пакет молекулярно-динамического моделирования LAMMPS. В результате численных расчетов установлено, что ионная бомбардировка инициирует разрыв внутримолекулярных связей полипропилена, расплывшиеся частицы представляют собой углеводородные радикалы, а также одиночные атомы. Установлена глубина имплантации иона, получено изменение кинетической энергии атома аргона и температуры моделируемой ячейки.

**Ключевые слова:** молекулярная динамика, высокочастотный разряд, ионная бомбардировка, кинетическая энергия, плазма, аргон, полипропилен

**Для цитирования:** Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., Желтухин В. С. Математическая модель взаимодействия низкоэнергетических ионов инертного газа с полипропиленом в высокочастотной плазме емкостного разряда пониженного давления // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 18–23. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-18-23>.

Original article

**Yulia A. Timoshina**<sup>1</sup>

**Emil F. Voznesensky**<sup>2</sup>

**Victor S. Zheltukhin**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## MATHEMATICAL MODEL OF THE INTERACTION OF LOW-ENERGY INERT GAS IONS WITH POLYPROPYLENE IN RADIO-FREQUENCY PLASMA OF LOW PRESSURE

**Abstract.** Results of the molecular dynamic simulation of the interaction of low-energy ions (from 10 to 100 eV) with the surface of polypropylene fibrous materials in low pressure radio-frequency (RF) argon plasma is presented. A full-atomic model using the LAMMPS classical molecular dynamics code was made. As a result of numerical calculations, it was found that argon ion bombardment initiates the breaking both of an intermolecular and intramolecular bond of polypropylene with sputtered particles being the hydrocarbon radicals and single atoms. The depth of implantation of the ion is determined, the change in the kinetic energy of the argon atom and the temperature of the simulated cell is obtained.

**Keywords:** molecular dynamics, radio-frequency discharge, ion bombardment, kinetic energy, plasma, argon, polypropylene

**For citation:** Timoshina Y. A., Voznesensky E. F., Zheltukhin V. S. Mathematical model of the interaction of low-energy inert gas ions with polypropylene in radio-frequency plasma of low pressure. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 18–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-18-23>.

В настоящее время синтетические волокна являются одним из важнейших продуктов текстильной промышленности и активно используются для производства изделий как бытового, так и технического назначения. При этом с развитием технологий и ростом потребления синтетических полимеров перспективным является модификация и функционализация материалов на их основе с целью придания новых свойств.

Перспективным методом модификации поверхности синтетических полимерных материалов является обработка высокочастотной (ВЧ) плазмой пониженного давления. ВЧ плазменная модификация позволяет регулировать такие поверхностные свойства синтетических полимерных материалов, как шероховатость, смачиваемость и адгезия, при этом не приводя к деструкции поверхностных слоев и ухудшению физико-механических свойств материалов [1].

Механизмы модификации материалов в ВЧ-плазме пониженного давления подробно рассмотрены в работе [2]. Основными являются бомбардировка ионами низкой (до 100 эВ) энергии, рекомбинация ионов на поверхности образца и термический поток. Воздействие метастабильных частиц и излучений (световое, ультрафиолетовое, электромагнитное) менее 4 %. При плазменной обработке в ВЧ емкостном разряде пониженного давления у поверхности образца образуется слой положительного заряда (СПЗ) [2], аналогичный приэлектродным слоям положительного заряда [3]. Положительные ионы плазмы ускоряются в СПЗ до энергии частиц от 10 до 100 эВ, в зависимости от вида разряда (индукционный или емкостный), вкладываемой мощности, давления, расхода и состава плазмообразующего газа. Плотность ионного тока на поверхность при этом составляет от 0,3 до 0,8 А/м<sup>2</sup>, что соответствует плотности ионного потока от 2 до 6 ион/(нм<sup>2</sup>·с). Поэтому бомбардировка ионами низкой (до 100 эВ) энергии является одним из основных факторов воздействия ВЧ-плазмы на поверхность модифицируемых материалов [2]. В настоящей работе моделируется воздействие низкоэнергетической ионной бомбардировки на материал, воздействие других факторов не учитывалось.

Процессы модификации полимерных материалов в плазме инертных и реакционноспособных газов, в том числе при пониженном давлении, достаточно широко исследованы [4–12]. В работе [10] методом вторичной ионной масс-спектрографии показано, что на поверхности трикотажных материалов (хлопок, лен) с технологическим покрытием из парафина после обра-

ботки ВЧЕ-плазмой пониженного давления в атмосфере аргона, кислорода и воздуха образуются свободные углеводородные радикалы. Наряду с этим, в ранее проведенных исследованиях [13, 14] установлено, что ВЧЕ плазменная обработка полимерных материалов, в частности полипропиленовых волокон, приводит к увеличению смачиваемости их поверхности и повышению адгезии к полимерным связующим, что связано, предположительно, с образованием свободных радикалов и функциональных групп на поверхности обрабатываемых материалов. При этом интерес представляют строение и состав образующихся свободных радикалов, конформационные изменения структуры макромолекул, анализ процессов распыления и других изменений, происходящих в ходе ВЧ плазменной обработки.

Исследование механизмов взаимодействия ВЧ-плазмы пониженного давления с поверхностью синтетических полимерных материалов на атомно-молекулярном уровне возможно с применением методов молекулярной динамики [15]. В настоящей работе представлены результаты расчета методом классической молекулярной динамики взаимодействия низкоэнергетических ионов с поверхностью полипропиленовых волокнистых материалов в ВЧЕ-плазме аргона при пониженном давлении.

**Объекты и методы.** Для получения волокнистых материалов используют изотактический полипропилен (ПП), характеризующийся регулярной структурой и обладающий высокими физико-химическими свойствами. Полипропилен относится к кристалло-аморфным полимерам, степень кристалличности в волокнах достигает 75–80 %. Макромолекулы ПП имеют линейное строение и в высокоориентированном состоянии, присущем волокнам, характеризуются однотипной фибриллярной структурой [16].

При создании молекулярно-динамической модели взаимодействия низкоэнергетических ионов с ПП в ВЧЕ-плазме пониженного давления рассматривался кристаллический участок изотактического ПП, размер моделируемой ячейки составил 6,1×4,0×4,3 нм<sup>3</sup>, количество атомов – 4550, граничные условия периодические. Моделировался процесс бомбардировки поверхности полимера ионом аргона с энергией 100 эВ. Принимая во внимание время релаксации полимера, составляющее 10<sup>-6</sup>...10<sup>-4</sup> с [17], и плотность ионного потока в ВЧ-плазме пониженного давления от 2 до 6 ион/(нм<sup>2</sup>·с), в модели рассмотрен единичный акт бомбардировки ионом аргона. Так как образец в плазме заряжен отрицательно, то положительные ионы рекомбинируют на по-

верхности образца, и внутрь его имплантируются быстрые атомы, кинетическая энергия которых равна кинетической энергии иона.

Моделирование проводилось в универсальном программном пакете классического молекулярно-динамического моделирования LAMMPS [18, 19]. Рассматривается полноатомная модель. В качестве силового поля для ПП выбран многочастичный потенциал AIREBO-M, разработанный для углеводородов и позволяющий проводить моделирование систем с давлением до 14 ГПа [20]. Взаимодействие иона аргона с ПП моделировалось с помощью потенциала Леннард-Джонса [21, 22].

**Результаты и обсуждение.** Результаты численных расчетов взаимодействия иона аргона с ПП в ВЧ-плазме пониженного давления представлены на рис. 1–3. В связи с малыми размерами моделируемой области и высокой

скоростью иона аргона ( $\approx 7 \cdot 10^4$  м/с) временной шаг принят равным 0,2 фс.

Результаты численных расчетов показали, что снижение кинетической энергии аргона при взаимодействии с полипропиленом в ВЧ-плазме пониженного давления носит экспоненциальный характер (см. рис. 1). Кинетическая энергия иона аргона снижается до 10 эВ в первые 28 фс, а после 150 фс от начала симуляции составляет менее 0,1 эВ.

Изменения температуры системы (см. рис. 2) показывают, что в самом начале расчетов происходит значительный нагрев моделируемой ячейки. Это объясняется тем, что при расчете происходит усреднение температуры полипропилена и иона аргона с энергией 100 эВ, соответствующей  $1,16 \cdot 10^6$  К. Снижение температуры моделируемой ячейки происходит при уменьшении энергии иона и отводе тепла за счет термостата.

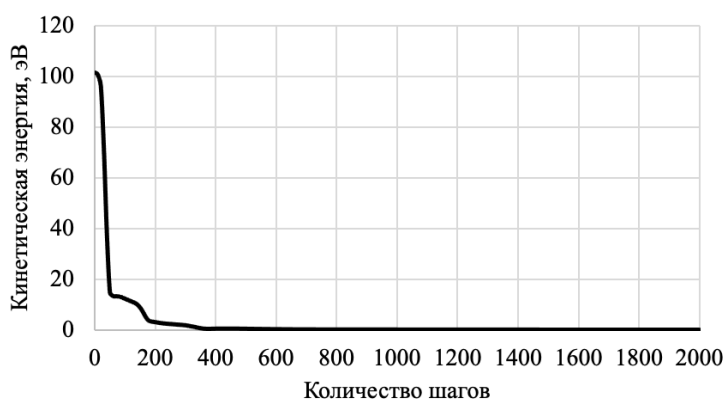


Рис. 1. Изменение кинетической энергии имплантированного атома аргона при взаимодействии с полипропиленом в ВЧ-плазме пониженного давления

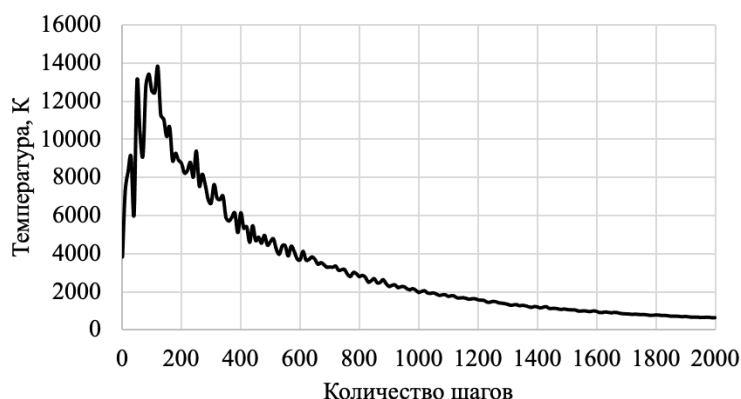


Рис. 2. Изменение температуры моделируемой системы при взаимодействии ПП с имплантированным атомом аргона в ВЧ-плазме пониженного давления

Результаты расчета (см. рис. 3, рис. 4) показали также, что ионная бомбардировка полипропилена ионами аргона в ВЧ-плазме пониженного давления с начальной энергией 100 эВ инициирует разрыв не только межмолекулярных, но и внутримолекулярных химических связей в макромолекулах полимера. При ионной

бомбардировке происходит разрыв как главной цепи полимера, так и связей C–H. Распыленные частицы представляют собой углеводородные радикалы с количеством атомов углерода от 1 до 3 (CH, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>), а также одиночные атомы (H), глубина имплантации атома аргона составляет 1,5–2 нм. Имплантация ионов

плазмы сопровождается конформационными изменениями макромолекул, что, предположительно, способствует возникновению напряженных состояний в поверхностном слое полимера. При разрыве макромолекул в поверхностном слое полипропилена возникают нескомпенсированные химические связи, наличие которых обуславливает образование функциональных азот- и кислородсодержащих групп на поверхности плазмомодифицированных материалов после взаимодействия с атмосферным воздухом [1], а установление состава распыленных углеводородных радикалов и макрорадикалов, образованных в поверхностных слоях полимера, яв-

ляется основой для разработки механизмов химических реакций.

Результаты расчетов позволяют предположить, что при ВЧ плазменной обработке происходит модификация приповерхностных слоев полимера, что подтверждается изменением поверхностной энергии, смачиваемости и адгезионных свойств поверхности модифицируемых материалов, но не приводит к ухудшению их прочностных характеристик. В поверхностном слое происходит разрыв не только межмолекулярных, но и внутримолекулярных связей с образованием летучих радикалов, испаряемых в окружающую плазму и укороченных ПП макромолекул в поверхностном слое [13, 14].

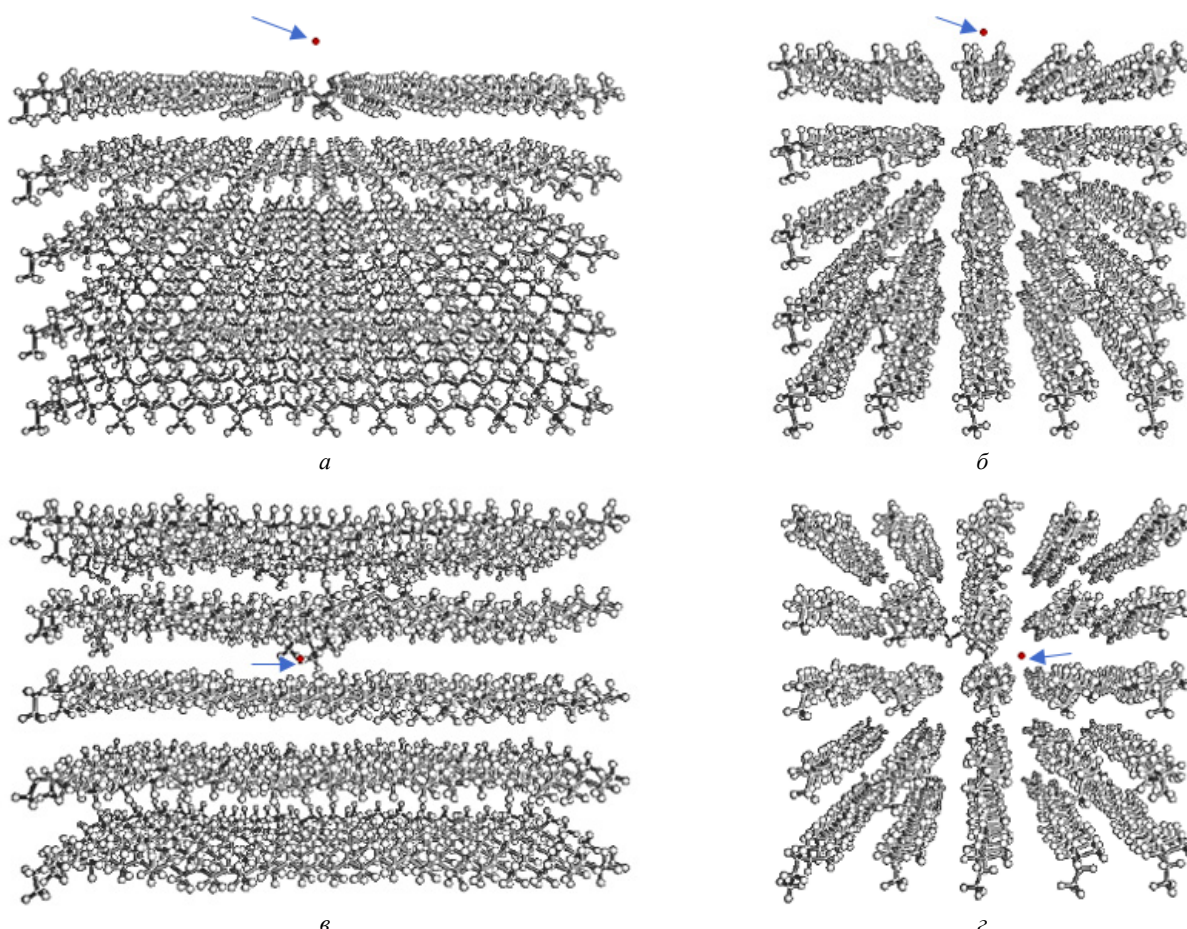


Рис. 3. Изменения в элементарной ячейке полипропилена (серым)\* при взаимодействии с ионом аргона (красным) в ВЧ-плазме пониженного давления в моменты времени  $t = 0$  фс (а, б) и  $t = 400$  фс (в, г).  
Стрелкой отмечено положение атома аргона (рекомбинировавшего иона)

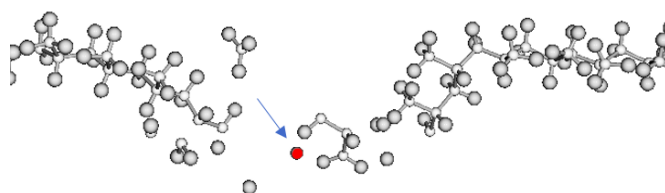


Рис. 4. Состав распыленных частиц макромолекул ПП (атомы углерода – светло-серым, атомы водорода – темно-серым) при бомбардировке ионом аргона (красным) с кинетической энергией 100 эВ из одного из случайных положений.  
Стрелкой отмечено положение атома аргона (рекомбинировавшего иона)

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сергеева Е. А., Желтухин В. С., Абдуллин И. Ш. Модификация синтетических волокнистых материалов и изделий неравновесной низкотемпературной плазмой. В 2 ч. Ч. 1. Теория, модели, методы. Казань : КГТУ, 2011. 252 с.
2. Абдуллин И. Ш., Желтухин В. С., Кашапов Н. Ф. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях: Теория и практика применения. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2000. 348 с.
3. Райзер Ю. П., Шнейдер М. Н., Яценко Н. А. Высокочастотный емкостный разряд: Физика. Техника эксперимента. Приложения. М. : Наука : Физматлит : Изд-во МФТИ, 1995. 310 с.
4. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы / А. М. Кутепов, А. Г. Захаров, А. И. Максимов, В. А. Титов // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 1. С. 103–115.
5. Гильман А. Б. Воздействие низкотемпературной плазмы как эффективный метод модификации поверхности полимерных материалов // Химия высоких энергий. 2003. Т. 37, № 1. С. 20–26.
6. Максимов А. И., Никифоров А. Ю. Сопоставление возможностей плазменного и плазменно-растворного модифицирования полимерных материалов в жидкой фазе // Химия высоких энергий. 2007. Т. 41, № 6. С. 513–519.
7. Shamina L. V. Low-temperature plasma as the basis for creation of modern textile chemical technologies // Fibre Chemistry. 2004. V. 36, No 6. P. 431–436.
8. Сергеева Е. А., Илюшина С. В. Влияние низкотемпературной плазмы на физико-механические свойства высокомолекулярных полиэтиленовых волокон // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12, № 2. С. 14–16.
9. Изучение влияния плазмообразующего газа на структуру текстильных волокон / Д. И. Фазылова, Л. А. Зенитова, Е. М. Штейнберг, И. Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 16. С. 52–57.
10. Азанова А. А. Плазменная модификация трикотажных полотен // Дизайн. Материалы. Технология. 2013. № 2(27). С. 86–88.
11. Хамматова В. В. Исследование физико-механических характеристик текстильных материалов после воздействия плазмы ВЧЕ-разряда // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. № 1(282). С. 22–25.
12. Модификация синтетических волокнистых материалов и изделий неравновесной низкотемпературной плазмой. Свойства, структура, технологии / Е. А. Сергеева, Н. В. Корнеева, Л. А. Зенитова, И. Ш. Абдуллин. Казань : КГТУ, 2011. 255 с.
13. Тимошина Ю. А. Влияние ВЧ-плазмы пониженного давления на гигроскопические свойства синтетических волокнистых материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2021. № 3. С. 78–80.
14. Тимошина Ю. А. Влияние молекулярного строения волокнообразующих полимеров на эффекты ВЧ плазменной модификации синтетических волокон // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2020. № 4. С. 51–54.
15. Рапапорт Д. К. Искусство молекулярной динамики. Ижевск : РХД, 2012. 632 с.
16. Тагер А. А. Физико-химия полимеров. М. : Научный мир, 2007. 576 с.
17. Santangelo P. G., Ngai K. L., Roland C. M. Temperature Dependence of Relaxation in Polypropylene and Poly(ethylene-co-propylene) // Macromolecules. 1996. V. 29. P. 3651–3653.
18. Plimpton S. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics // Journal of Computational Physics. 1995. V. 117, No 1. P. 1–19.
19. LAMMPS Molecular Dynamics Simulator. URL: <http://lammps.sandia.gov>.
20. O'Connor T. C., Andzelm J., Robbins M. O. AIREBO-M: A reactive model for hydrocarbons at extreme pressures // The Journal of Chemical Physics. 2015. V. 142. P. 024903.
21. Rozas R., Kraska T. Molecular Dynamics Simulation of Heterogeneous Nucleation and Growth of Argon at Polyethylene Films // Journal of Physical Chemistry. 2007. V. 111, No 43. P. 15784–15791.
22. Sumpter B. G., Noid D. W., Wunderlich B. Atomistic dynamics of macromolecular crystals // Macromolecules. 1992. V. 25, No 26. P. 7247–7255.

## REFERENCES

1. Sergeeva E. A., Zheltuhin V. S., Abdullin I. Sh. Modification of synthetic fibrous materials and products by non-equilibrium low-temperature plasma. In 2 p. Part 1. Theory, models, methods\*. Kazan, KSTU, 2011. 252 p. (in Russ.)
2. Abdullin I. Sh., Zheltuhin V. S., Kashapov N. F. High-frequency plasma jetting of materials at reduced pressures: Theory and practice of application.\* Kazan, KSTU, 2000. 348 p. (in Russ.)
3. Raiser Yu. P., Schneider M. N., Yatsenko N.A. Radio-frequency capacitively coupled discharge: Physics. Experimental technique. Applications\*. Moscow, Nauka Publ., Fizmatlit, MIPT Publishing House; 1995. 310 p. (in Russ.)
4. Kutepov A. M., Zaharov A. G., Maksimov A. I., Titov V. A. Plasma modification of textile materials: prospects and problems. *Rossiiskij himicheskij zhurnal* [Russian chemical journal]. 2002;46,1:103–115. (in Russ.)
5. Gilman A. B. Low-temperature plasma treatment as an effective method for surface modification of polymeric materials. *Himiya vysokih energij* [High Energy Chemistry]. 2003;37,1:17–23. (in Russ.)
6. Maksimov A. I. Nikiforov A. Yu. Low-temperature plasma treatment as an effective method for surface modification of polymeric materials. *Himiya vysokih energij* [High Energy Chemistry]. 2007;41,6:454–459. (in Russ.)
7. Sharnina L. V. Low-temperature plasma as the basis for creation of modern textile chemical technologies. *Fibre Chemistry*. 2004;36,6:431–436.
8. Sergeeva E. A., Ilyushina S. V. Influence of low-temperature plasma on the physical and mechanical properties of high-modulus polyethylene fibers. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2011;12,2:14–16. (in Russ.)
9. Fazylova D. I., Zenitova L. A., Shtejnberg E. M., Abdullin I. Sh. Study of the effect of plasma-forming gas on the structure of textile fibers. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Kazan Technological University Bulletin]. 2011;16:52–57. (in Russ.)
10. Azanova A. A. Plasma modification of knitted fabrics. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2013;2(27):86–88. (in Russ.)
11. Hammatova V. V. Investigation of the physical and mechanical characteristics of textile materials after exposure to an RFC-discharge plasma. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2005;1(282):22–25. (in Russ.)
12. Sergeeva E. A., Korneeva N. V., Zenitova L. A., Abdullin I. Sh. Modification of synthetic fibrous materials and products by non-equilibrium low-temperature plasma. Properties, structure, technology\*. Kazan, KSTU, 2011. 255 p. (in Russ.)
13. Timoshina Y. A. Influence of HF plasma of reduced pressure on the hygroscopic properties of synthetic fibrous materials. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2021;3:78–80. (in Russ.)
14. Timoshina Y. A. Influence of the molecular structure of fiber-forming polymers on the effects of high-frequency plasma modification of synthetic fibers. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2020;4:51–54. (In Russ.)
15. Rapaport D. K. The art of molecular dynamics\*. Izhevsk, RHD, 2012. 632 p. (in Russ.)
16. Tager A. A. Physicochemistry of polymers\*. Moscow, Scientific world, 2007. 576 p. (in Russ.)
17. Santangelo P. G., Ngai K. L., Roland C. M. Temperature Dependence of Relaxation in Polypropylene and Poly(ethylene-co-propylene). *Macromolecules*. 1996;29:3651–3653.
18. Plimpton S. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics. *Journal of Computational Physics*. 1995;117,1:1–19.
19. LAMMPS Molecular Dynamics Simulator. URL: <http://lammps.sandia.gov>.
20. O'Connor T. C., Andzelm J., Robbins M. O. AIREBO-M: A reactive model for hydrocarbons at extreme pressures. *The Journal of Chemical Physics*. 2015;142:024903.
21. Rozas R., Kraska T. Molecular Dynamics Simulation of Heterogeneous Nucleation and Growth of Argon at Polyethylene Films. *Journal of Physical Chemistry*. 2007;111,43:15784–15791.
22. Sumpter B. G., Noid D. W., Wunderlich B. Atomistic dynamics of macromolecular crystals. *Macromolecules*. 1992;25,26:7247–7255.

Статья поступила в редакцию 24.05.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

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

# ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.019

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-24-29

Марина Александровна Лысова<sup>1</sup>

Людмила Валерьевна Дрягина<sup>2</sup>

Наталья Александровна Грузинцева<sup>3</sup>

Борис Николаевич Гусев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

<sup>2,3,4</sup>Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

<sup>1</sup>lysova7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4551-4035>

<sup>2</sup>dryaginalvd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4712-9613>

<sup>3</sup>gruzincevan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

<sup>4</sup>gusevbnboris@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3333-5897>

## УНИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** Одним из направлений достижения требуемого уровня качества промышленной продукции и, соответственно, повышения конкурентоспособности российских производителей является реализация задачи по оптимизации и унификации номенклатуры производимой предприятиями продукции. Однако в настоящее время в связи с различиями систем классификации и кодирования потребительской продукции на соответствующих этапах ее жизненного цикла существуют проблемы с унификацией номенклатуры промышленной продукции, в том числе и текстильных изделий, так как предприятия текстильной и легкой промышленности, торговые организации и таможенные органы используют каждый свою классификацию этих видов изделий. В работе проанализированы функциональные возможности существующих в настоящее время систем кодирования текстильных изделий, а также предложен и реализован на ассортименте производимых геосинтетических материалов способ матричного кодирования текстильных изделий. Кроме этого, показана возможность совмещения матричного кодирования продукции с информацией о ее производителе и качестве в рамках двумерного штрих-кода.

**Ключевые слова:** текстильные изделия, стандартизация, системы кодирования, оптимизация и унификация, матричное кодирование, геосинтетические материалы

**Для цитирования:** Унификация системы кодирования текстильных изделий / М. А. Лысова, Л. В. Дрягина, Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 24–29. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-24-29>.

Original article

Marina A. Lysova<sup>1</sup>

Lyudmila V. Dryagina<sup>2</sup>

Natalia A. Gruzintseva<sup>3</sup>

Boris N. Gusev<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russia

<sup>2,3,4</sup>Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

## UNIFICATION OF THE CODING SYSTEM TEXTILE PRODUCTS

*One of the ways to achieve the required level of quality of industrial products and, consequently, to increase the competitiveness of Russian manufacturers is to implement the task of optimising and unifying the nomenclature of products produced by enterprises. However, at present, due to the differences in the classification and coding systems of consumer products at the corresponding stages of its life cycle, there are*

© Лысова М. А., Дрягина Л. В., Грузинцева Н. А., Гусев Б. Н., 2021



*problems with the unification of the nomenclature of industrial products, including textiles, since textile and light industry enterprises, trade organisations and customs authorities each use their own classification of these types of products. The paper analyses the functional capabilities of the currently existing coding systems for textile products, and also proposes and implements a method for matrix coding of textile products on the range of geosynthetic materials produced. In addition, the possibility of combining matrix coding of products with information about its manufacturer and quality in the framework of a two-dimensional barcode is shown.*

**Keywords:** *textiles, standardisation, coding systems, optimisation and unification, matrix coding, geosynthetics*

**For citation:** Lysova M. A., Dryagina L. V., Gruzintseva N. A., Gusev B. N. Unification of the coding system textile products. *Technologies & Quality*. 2021. No 3(53). P. 24–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-24-29>.

В соответствии с Федеральным законом № 62-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [1] одним из направлений повышения качества продукции и, соответственно, обеспечения конкурентоспособности российских производителей является реализация задачи по оптимизации и унификации номенклатуры производимой предприятиями продукции. Однако в настоящее время в связи с различиями систем классификации и кодирования потребительской продукции на этапах ее жизненного цикла (планирования, производства, учета, реализации, таможенного контроля) существуют проблемы с унификацией номенклатуры продукции, в том числе и текстильных изделий.

Предприятия текстильной и легкой промышленности, торговые организации и таможенные органы используют каждый свою классификацию текстильных изделий: материаловедческую [2], торговую [3], таможенную [4], стандартную [5], а также учетную [6].

Материаловедческая классификация, представленная и рассмотренная в соответствующих учебниках [2], выделяет шесть классификационных признаков: направление, назначение, способ производства, вид применяемого сырья, способ заключительной обработки, длительность использования.

Торговая классификация, содержащаяся в учебной литературе [3], имеет лишь три классификационных признака: сырьевой состав, способ производства и назначение.

Функции таможенной классификации выполняет товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского Экономического Союза (ТН ВЭД ЕАЭС) [4], которая выделяет применительно к текстильным материалам и изделиям также три классификационных признака: волокнистый состав, способ изготовления и отдельные количественные характеристики материала. Код ТН ВЭД ЕАЭС включает в себя 10 цифр, где первые четыре цифры говорят о принадлежности продукции к определенной группе. Последующие цифры конкретно классифицируют продукцию по наименованию.

Стандартная классификация устанавливает классификационные признаки в соответствии с межгосударственными и национальными стандартами на отдельные виды текстильных изделий. Например, нетканые текстильные изделия классифицируются по признакам назначения и вида сырья [5].

Учетная классификация приведена в Общероссийском классификаторе продукции по видам экономической деятельности (ОК 034-2014) [6] и выделяет три основных признака: назначение, вид сырья и способ производства.

В соответствии с вышеуказанными классификационными признаками предприятия текстильной и легкой промышленности, торговые организации и государственные учреждения используют несколько способов кодирования текстильных изделий. В торговой классификации [3] каждому текстильному изделию присваивается шестизначный числовой код (артикул), где каждая цифра артикула кодирует изделие в соответствии с выделенными классификационными признаками. Особенности, отражающие потребности российской экономики по детализации продукции, учитываются в соответствующих разделах ОК 034-2014 [6]. Текстильные изделия входят в группу С (продукция обрабатывающих производств), где для них предусмотрены 9-разрядные цифровые коды. Код текстильных изделий по таможенной классификации [4] – десятиразрядный, цифровой.

Таким образом, в соответствии с известной методологией кодирования [3], код по торговой классификации является серийно-порядковым, код по учетной классификации и код по таможенной классификации отражают последовательный способ кодирования.

Рассмотренные выше принципы кодирования текстильных изделий обобщенно можно представить в виде строки из  $n$  цифр ( $n$ -мерного вектора). С увеличением числа классификационных признаков код удлиняется, в результате чего возникают трудности с обеспечением системы кодирования, а также усложняется идентификация самих объектов кодирования.

Для оптимизации и унификации рассмотренных выше систем кодирования текстильных изделий предлагается ввести матричную форму кодирования, которая позволит увеличить число классификационных признаков и учитывать возможность наличия нескольких значений одного признака. Сущность матричной системы кодирования заключается в том, что в новой классификации текстильных изделий содержится  $n$  классификационных признаков, где, в свою очередь, в каждом из этих признаков имеется не более чем  $m$  значений. Обозначим

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й признак принимает значение } j, \\ 0, & \text{если } i\text{-й признак не принимает значение } j, \end{cases} \quad (1)$$

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}.$$

Тогда код текстильного изделия можно представить в виде матрицы размера  $n \times m$ ,

элементами которой являются булевы переменные (1).

Матричная форма кодирования текстильных изделий может быть применима как для действующих в настоящее время классификаций, так и для вновь вводимых при производстве нового ассортимента рассматриваемых изделий. Необходимо отметить, что для новых видов текстильных изделий (в частности, при производстве геосинтетической продукции) нет единой общепринятой классификации. Поэтому в ОК 034-2014 [6] даже не предусмотрен соответствующий раздел для этого вида текстильной продукции.

Для иллюстрации предлагаемого процесса матричного кодирования рассмотрим составленную (возможно не полную) классификацию геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве, представленную в таблице 1.

Таблица 1

Классификация геосинтетических материалов		
Признак	Значение признака	Порядковый номер значения признака
Область применения	Дорожные конструкции	1
	Инженерные сооружения	2
	Ландшафтные работы	3
	Сельское хозяйство	4
Функциональное назначение	Армирование	1
	Разделение	2
	Фильтрация	3
	Дренажное	4
	Борьба с эрозией	5
	Гидроизоляция	6
	Теплоизоляция	7
	Защита	8
Природа происхождения	Геотекстиль	1
	Георешетка	2
	Геосетка	3
	Геомембраны	4
	Геокомпозиты	5

Тогда, например, матричный код геотекстильного изделия, применяемого в дорожном строительстве для фильтрации и дренажного, будет представлен в виде матрицы размера  $3 \times 8$ :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Отметим также, что обязательным условием внешней и внутренней торговли потребительскими товарами, в том числе и текстильными изделиями, является наличие штрихового кода на самом товаре или на его упаковке. Предложенная выше система матричного кодирования текстильных изделий вполне соотносится с существующими в настоящее время

двумерными штриховыми кодами потребительской продукции. Поэтому предлагаемый матричный код текстильного изделия может быть преобразован в двумерный штриховой код [7], который в дальнейшем используется для электронного считывания всей необходимой информации о произведенной продукции.

Для выражения (2) он будет выглядеть в виде, показанном на рис. 1.

В то же время функциональные возможности двухмерного цифрового кода позволяют помимо информации о классификационных признаках рассматриваемого объекта представить в закодированном виде дополнительную информацию, например, о производителе продукции и показателях качества [8, 9] конкретного текстильного изделия. Покажем эти возможности на конкретном примере.



Рис. 1. Двухмерный штриховой код согласно выражению (2)

В качестве текстильного изделия был выбран нетканый геосинтетический материал торговой марки «Дорнит Текспол 300», производимый на предприятии ООО «Головная компания Геоматериалы». Для данного вида текстильного изделия были выделены характеристики в трех категориях: сведения о текстильном предприятии; о производимом на нем ассортименте продукции и показателях назначения (определяющих показателях качества) изделия, которые приведены в табл. 2.

Для рассматриваемого в табл. 2 геотекстильного полотна при формировании штрихового кода, приведенного на рис. 2, воспользовались генератором Barcode Generator [7] штрих-кода.

Преимущество штрих-кода состоит в том, что расшифровать информацию, представленную на рис. 2, возможно не только в торговых организациях, имеющих специальное оборудование, но и в бытовых условиях с помощью смартфона или планшета, на которых установлены соответствующие программы распознавания данного типа штрих-кода. На рис. 3 представлена обратная операция по распознаванию штрих-кода программой [7].

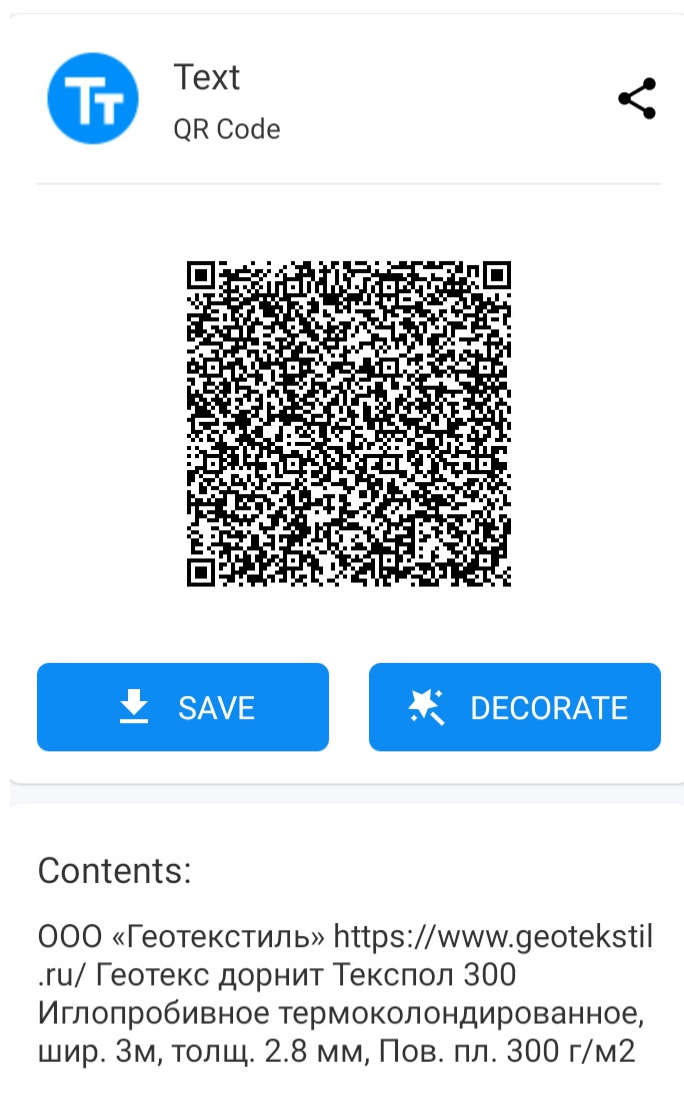


Рис. 2. Двухмерный штрих-код в формате 2D для нетканого геосинтетического полотна торговой марки «Дорнит Текспол 300»

Таблица 2

Характеристики нетканого геосинтетического материала

Наименование характеристики	Кодируемая информация
<i>1. Информация о предприятии</i>	
Страна-изготовитель	Российская Федерация
Наименование изготовителя	ООО «Головная компания Геоматериалы»
Сайт предприятия	<a href="https://www.geotekstil.ru">https://www.geotekstil.ru</a>
Юридический адрес предприятия-изготовителя	346400, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Первомайская, 107а
<i>2. Информация об ассортиментных возможностях изделия</i>	
Документ по стандартизации	ТУ 8397-001-68781351-2011
Вид товара	Полотно нетканое геотекстильное из синтетических волокон
Наименование товара	Геотекстиль (дорнит) Текспол ИП-300
Функции	Разделение фракций, дренаж, фильтрация, защита
Волокнистый состав	Полиэфирные и полипропиленовые волокна
Способ изготовления	Иглопробивное и термоскрепленное
<i>3. Информация о качестве изделия</i>	
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	300
Ширина полотна, см	3000
Толщина, мм	2,8
Длина рулона, м	100



**Рис. 3. Распознавание закодированной информации о производимом нетканом геосинтетическом полотне торговой марки «Дорнит Текспол 300»**

#### ВЫВОДЫ

1. Проанализированы функциональные возможности существующих в настоящее время систем классификации и кодирования текстильных изделий.

2. Предложен и реализован на ассортименте производимых геосинтетических мате-

риалов способ матричного кодирования текстильных изделий.

3. На примере текстильной геосинтетической продукции, применяемой в различных областях строительства, показана возможность совмещения матричного кодирования продукции с информацией о ее производителе и качестве в рамках двумерного штрих-кода.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон РФ № 162-ФЗ от 29 июня 2015 года «О стандартизации в Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс». URL: consultant.ru (дата обращения: 28.02.2021).
2. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Кобляков А. И. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы). М. : Легпромбытиздат, 1992. 272 с.
3. Жиряева Е. В. Товароведение (правила и методы классификации). СПб. : Питер, 2002. 416 с.
4. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского Экономического Союза (ТН ВЭД ЕАЭС). URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/direction/trade/catr/ett/default.php> (дата обращения: 28.02.2021)
5. ГОСТ 4.34–84. Система показателей качества продукции. Полотна нетканые и штучные изделия бытового назначения. Номенклатура показателей. М. : Стандартинформ, 2008. 17 с.

6. ОК 034-2014 (КПЕС 2008). Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности // СПС «КонсультантПлюс». URL: consultant.ru (дата обращения: 28.02.2021).
7. Генератор штрих-кода Barcode Generator // Google Play. Приложения. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=barcodegenerator.barcodecreator.barcodemaker.barcodescanner> (дата обращения: 28.02.2021).
8. Стасева М. А., Дрягина Л. В., Гусев Б. Н. Анализ причин снижения качества швейных изделий // Технологии и качество. 2020. № 4(50). С. 7–10.
9. Грузинцева Н. А., Лысова М. А., Гусев Б. Н. Формирование штрих-кода о качестве швейных изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 3. С. 136–139.

## REFERENCES

1. *Federal'nyj zakon RF №162-FZ ot 29 iyunya 2015 goda "O standartizacii v Rossijskoj Federacii"* [Federal Law of the Russian Federation No. 162-FZ dated June 29, 2015 "On standardization in the Russian Federation"] URL: consultant.ru (Accessed 28.02.2021).
2. Kukin G. N., Solov'ev A. N., Koblyakov A. I. *Tekstil'noe materialovedenie (iskhodnye tekstil'nye materialy)* [Textile materials science (raw textile materials)]. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1992. 272 p. (In Russ.)
3. Zhiryayeva E. V. *Tovarovedenie (pravila i metody klassifikacii)* [Commodity science (rules and methods of classification)]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2002. 416 p. (In Russ.)
4. *Tovarnaya nomenklatura vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti Evrazijskogo Ekonomicheskogo Soyuz (TN VED EAES)* [Delivery note of foreign economic activity of the Eurasian Economic Union (TN VED EAES)]. URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/direction/trade/catr/ett/default.php> (Accessed 28.02.2021).
5. *GOST 4.34–84. Sistema pokazatelej kachestva produkcii. Polotna netkanye i shtuchnye izdeliya bytovogo naznacheniya. Nomenklatura pokazatelej* [State Standart 4.34-84. The system of indicators of product quality. Non-woven fabrics and piece products for household use. Nomenclature of indicators]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 17 p.
6. ОК 034-2014 (КПЕС 2008). *Obshcherossijskij klassifikator produkcii po vidam ekonomicheskoy deyatel'nosti* [All-Russian classifier of products by type of economic activity]. URL: consultant.ru (Accessed 28.02.2021).
7. Barcode Generator. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=barcodegenerator.barcodecreator.barcodemaker.barcodescanner> (Accessed 28.02.2021).
8. Stasheva M. A., Dryagina L. V., Gusev B. N. Analysis of the causes of sewing products quality deterioration. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;4(50):7–10. (In Russ.)
9. Gruzintseva N. A., Lysova M. A., Gusev B. N. Bar code formation. On quality of textile and ready-made garments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2012;3:136–139. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 01.03.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

Научная статья

УДК 687.173.2.03.016.5:536.2

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-30-36

**Маргарита Всеволодовна Родичева**<sup>1</sup>

**Антон Вячеславович Абрамов**<sup>2</sup>

**Елена Михайловна Гнеушева**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, г. Орел, Россия

<sup>1</sup>rodicheva.unpk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1092-6141>

<sup>2</sup>Ant-lin88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7082-1344>

<sup>3</sup>emign@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2783-5967>

## РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

**Аннотация.** Предложен комплект вентилируемой одежды для защиты от заражения клещевыми инфекциями. Помимо защитной функции, такой комплект позволяет нормализовать тепловое состояние человека при повышенной температуре или физической активности за счет увеличения интенсивности отвода тепла и влаги от тела человека. Разработана численная модель теплообмена в вентилируемых воздушных прослойках. С ее помощью проведены исследования теплообмена при условиях максимальной активности кровососущих насекомых в диапазоне температур окружающей среды 15–25 °С. Проведена оценка баланса организма человека для уровня физической активности, характерного для представителей социальных групп с наиболее высоким риском заражения клещевыми инфекциями. Установлено, что воздушная прослойка толщиной  $h_{ag} = 20$  мм в вентилируемой одежде позволит обеспечить нормативное тепловое состояние человека и эффективную защиту от заражения клещевыми инфекциями.

**Ключевые слова:** вентилируемая одежда, пакет материалов с воздушными прослойками, теплообмен, конвекция, излучение, температурное поле в пакете материалов, проектирование

**Для цитирования:** Родичева М. В., Абрамов А. В., Гнеушева Е. М. Развитие принципов проектирования вентилируемой одежды для защиты от биологических опасностей // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 30–36. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-30-36>.

Original article

**Margarita V. Rodicheva**<sup>1</sup>

**Anton V. Abramov**<sup>2</sup>

**Elena M. Gneusheva**<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

## DEVELOPMENT OF VENTILATED CLOTHING DESIGN PRINCIPLES FOR PROTECTION AGAINST BIOLOGICAL HAZARDS

**Abstract.** A set of ventilated clothing to protect against tick-borne infections has been proposed. In addition to the protective function, such a kit allows you to normalising the thermal state of a person at elevated temperatures or physical activity by increasing the intensity of heat and moisture removal from the human body. A numerical model of heat transfer in ventilated air layers was developed. With its help, studies of heat and mass transfer were carried out under conditions of maximum activity of blood-sucking insects in the ambient temperature range of 15–25 °C. The balance of the human body was assessed for the level of physical activity typical for representatives of social groups with the highest risk of contracting tick-borne infections. It has been established that an air gap with a thickness of  $h_{ag} = 20$  mm in ventilated clothing will provide a standard thermal state of a person and effective protection against infection with tick-borne infections.

**Keywords:** ventilated clothing, package of materials with air spaces, heat & mass transfer, convection, radiation, temperature field in package of materials, design

**For citation:** Rodicheva M. V., Abramov A. V., Gneusheva E. M. Development of ventilated clothing design principles for protection against biological hazards. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 30–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-30-36>.

© Родичева М. В., Абрамов А. В., Гнеушева Е. М., 2021

Глобальные климатические изменения формируют новые опасности, что требует пересмотра принципов разработки защитной одежды. В последнее время на территории ЦФО Российской Федерации наблюдается рост числа случаев заражения клещевыми инфекциями на 5–10 % в год.

Очагами клещевых инфекций являются лесные регионы, имеющие густой подлесок из кустарника. Клещи встречаются на дачных участках и в пригородных лесах, особенно вдоль тропинок и на обочинах дорог. Группа риска заражения клещевыми инфекциями достаточно обширна и включает в себя лесников, грибников, дачников и другие социальные группы.

Защита от биологической опасности обеспечивается антимоскитной одеждой. При повышенной температуре или физической активности такая одежда не обеспечивает должную теплоотдачу организма.

Тепловой комфорт человека и защита от биологических опасностей могут быть обеспечены за счет регулирования теплоотдачи, например посредством эффекта вентиляции. В вентилируемой одежде между телом и верхним слоем пакета создается воздушная прослойка (рис. 1а), в которой возникают архимедовы силы, формирующие восходящее движение воздуха (рис. 1б). Этот поток вовлекает тепло и влагу с поверхности тела и выносит их в окружающую среду.

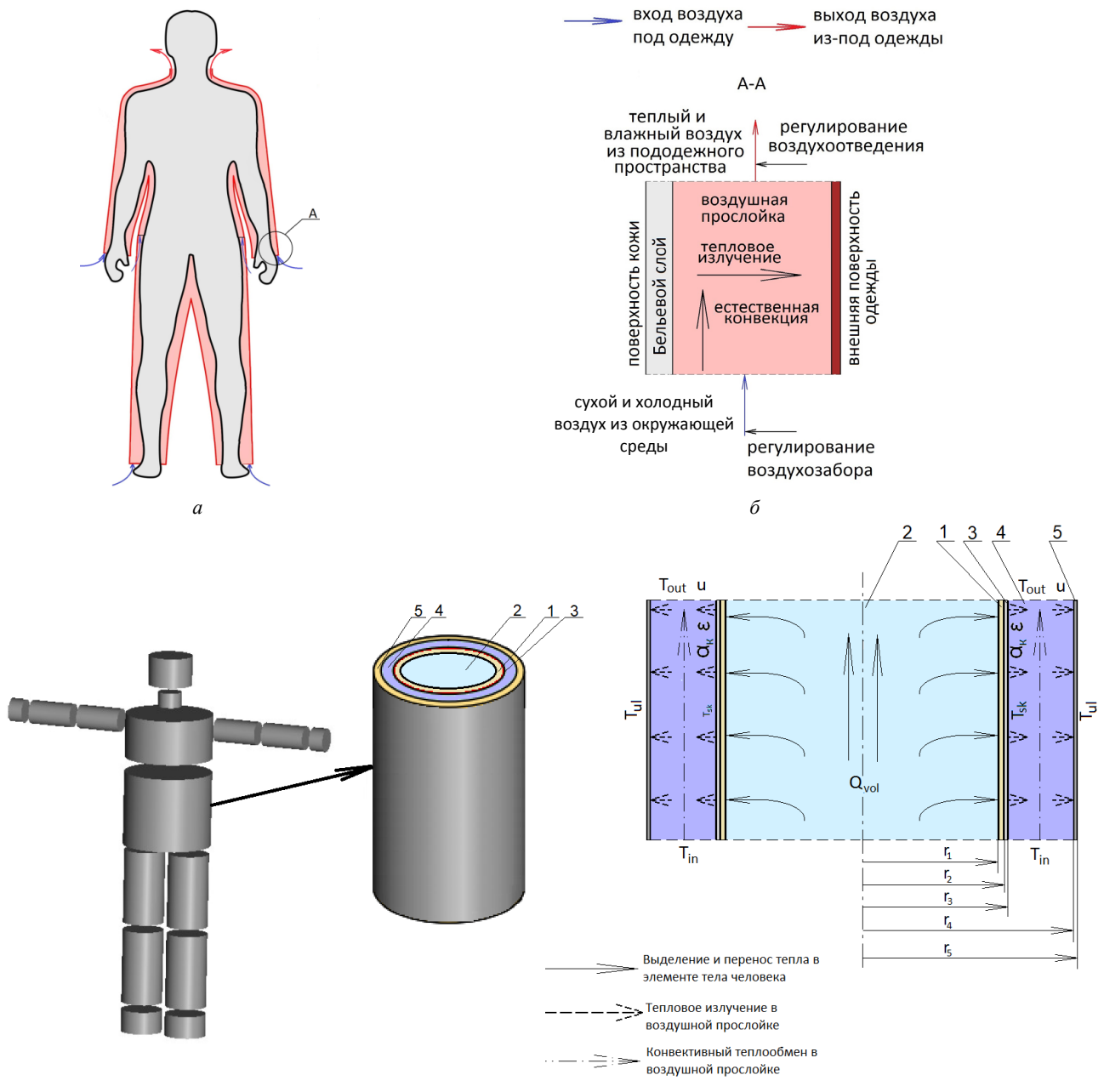


Рис. 1. Тепломассообмен в вентилируемой одежде

Расчет вентилируемой одежды проводится с учетом теплообмена в воздушной прослойке, интенсивность которого определяется численными методами [1–3]. В большинстве моделей воздухообмен пододежного пространства с окружающей средой порождается изменением давления под одеждой при движении человека [4, 5]. По этой причине результаты расчетов не всегда применимы к вентилируемым воздушным прослойкам. Естественная конвекция учтена в модели Z. Kang, однако ее граничные условия предполагают постоянство температуры кожи на уровне  $t_{\text{свтк}} = 34$  °С, а процессы генерация тепла в тканях тела не учитываются [6].

Таким образом, задача разработки численной модели теплообмена в вентилируемой воздушной прослойке с учетом процессов генерации тепла в теле человека и естественной конвекции в воздухе прослойки является актуальной. Ее решение позволит получить важные данные для проектирования вентилируемой одежды.

#### Описание математической модели теплообмена в вентилируемой одежде

Модель теплообмена в воздушной прослойке построена на примере пятиузловой сегмента тела в цилиндрических координатах (см. рис. 1в, который моделирует теплообмен человека ростом 174 см и весом 70 кг).

В «ядре» тела (узел 2, см. рис. 1в, з) поддерживается постоянная температура 37 °С, для чего в нем вырабатывается тепло  $Q_{\text{vol}}$ :

$$Q_{\text{vol}} = \frac{100}{K_p} \left( \Delta T + \frac{1}{K_i} \int_0^1 \Delta T dt - K_d \frac{dT}{dt} \right), \quad (1)$$

где  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – соответственно пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты (определяются из режимов работы экспериментальной установки);

$\Delta T$  – «невязка», соответствующая разности измеренной температуры «ядра»  $T$  и ее установившегося значения  $T_{\text{yc}} = 37$  °С.

Тело человека на 80 % состоит из жидкости. Ее движение (кровь) возможно только по сосудам и капиллярам под действием разности давлений, создаваемых сердечным ритмом. В основном объеме конвективные процессы не возможны. Перенос тепла в «ядре» тела человека, а также на границе с «оболочкой» описывается законом теплопроводности в жидкости без учета движения (2):

$$\begin{aligned} & \rho_w C_{pw} \left( \frac{\partial T_w}{\partial \tau} + u_w \cdot \nabla T_w \right) + \nabla \cdot q_w = \\ & = \alpha_{pw} T \left( \frac{\partial p_w}{\partial t} + u_w \cdot \nabla p_w \right) + \tau_w : \nabla u_w + Q_{\text{vol}}, \quad (2) \end{aligned}$$

где  $\rho_w$  – плотность воды в нагретом цилиндре, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{pw}$  – удельная теплоемкость воды в нагретом цилиндре, Дж/(кг·К);

$T_w$  – температура воды в цилиндре, К;

$p_w$  – давление в воде цилиндра, Па;

$q_w$  – тепловой поток в цилиндре, переносимый теплопроводностью, Вт/м<sup>2</sup>;

$\alpha_{pw}$  – коэффициент температурного расширения воды в цилиндре, 1/К (формула (3));

$\tau_w$  – тензор вязкого напряжения в воде, Па;

$Q_{\text{vol}}$  – тепло, вырабатываемое в цилиндре, Вт.

Температура «оболочки» тела (узел 1, см. рис. 1в, з) поддерживается на уровне 32–34 °С в зависимости от условий окружающей среды, за счет подвода тепла от «ядра». Его перенос в узлах 1, 3, 5, представляющих собой твердые стенки, описывается моделью теплопроводности:

$$\rho_s C_{ps} \frac{\partial T_s}{\partial \tau} + \nabla \cdot q_s = -\alpha_s \frac{dS}{dt}, \quad (3)$$

где  $\rho_s$  – плотность материала в стенке, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{ps}$  – удельная изотермическая теплоемкость материала стенки, Дж/(кг·К);

$T_s$  – абсолютная температура материала стенки, К;

$q_s$  – плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью, Вт/м<sup>2</sup>;

$\alpha_s$  – коэффициент объемного расширения материала стенки, К<sup>-1</sup>.

В воздушной прослойке между бельевым и верхним слоями пакета материалов (узел 4) тепло переносится конвекцией и тепловым излучением. Модель конвекции включает уравнения неразрывности (4), движения (5) и энергии (6):

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\rho_a u_a) = 0, \quad (4)$$

$$\rho_a \frac{\partial u_a}{\partial \tau} + \rho_a (u_a \cdot \nabla) u_a = \nabla \cdot [-\rho_a I + \tau_a] + F_a, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \rho_w C_{pw} \left( \frac{\partial T_w}{\partial \tau} + (u_a \cdot \nabla) T_w \right) = \\ & = -(\nabla \cdot q) + \tau : S - \frac{T_a}{\rho_a} \frac{\partial \rho_a}{\partial T_a} \bigg|_{p_a} \left( \frac{\partial p_a}{\partial \tau} + (u_a \cdot \nabla) p_a \right), \quad (6) \end{aligned}$$



где  $I$  – поток воздуха на выходе из прослойки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$F_a$  – сила, побуждающая движение,  $\text{Н}/\text{м}^3$ ;

$\tau_a$  – тензор вязкого напряжения в воздухе, Па.

Лучистый тепловой поток между бельевым и верхним слоями вычисляется по известному закону Стефана – Больцмана.

Известно, что оптимальная толщина воздушной прослойки составляет  $h_{\text{ag-опт}} = 20$  мм [7]. При  $h_{\text{ag}} < h_{\text{ag-опт}}$  интенсивность конвективных потоков в воздухе резко снижается, а при  $h_{\text{ag}} > h_{\text{ag-опт}}$  возникают проблемы с эргономич-

ностью вентилируемой одежды. Таким образом, при разработке численной модели толщина воздушной прослойки принята равной  $h_{\text{ag-опт}}$ .

Численная модель решалась при комбинированных граничных условиях. Закон конвективной теплоотдачи с поверхности бельевого слоя определен по критерию Nu. Результат решения представлен распределениями полей температуры, скорости движения воздуха и плотности тепловых потоков (например, на рис. 2 – для  $t_{\text{окр}} = 20$  °С).

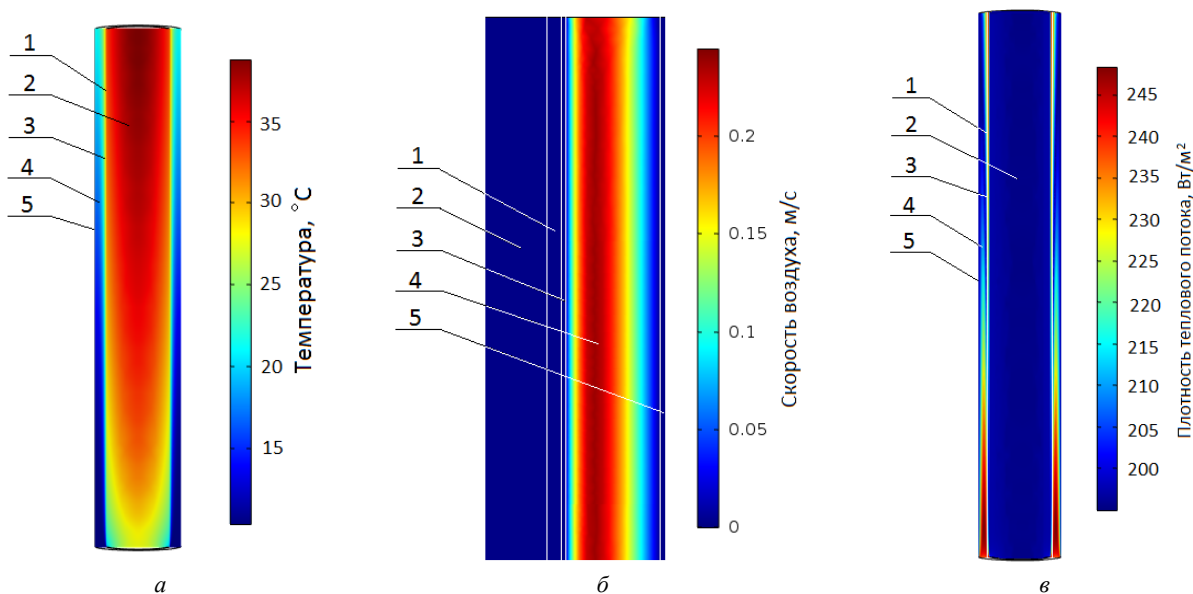


Рис. 2. Результаты расчета тепловых процессов в воздушной прослойке\*:

а – распределения поля температуры; б – распределение поля скоростей воздуха; в – поле плотности тепловых потоков: 1 – «оболочка» элемента тела; 2 – «ядро» элемента тела; 3 – бельевой слой пакета материалов; 4 – воздушная прослойка; 5 – верхний слой пакета материалов

### Анализ результатов исследования

Расчет тепломассообмена в воздушных прослойках вентилируемой одежды проведен при  $t_{\text{окр}} = +15...+25$  °С. Именно в этот период наблюдается максимальная активность кровососущих насекомых.

Согласно полученным результатам, изменение внешних условий не вызывает колебания температуры «ядра» и «оболочки» тела человека. Температура бельевого слоя изменяется на 2,5 °С, верхнего слоя пакета и воздуха в прослойке на 7,6 и 9,4 °С соответственно (рис. 3а).

Разность температур бельевого и верхнего слоев изменяется незначительно. Вследствие этого лучистый тепловой поток в воздушной прослойке также остается достаточно постоянным (рис. 3б).

Интенсивность конвекции в прослойке определяется подъемной силой  $F_a$ :

$$F_a = g(\rho_{\infty} - \rho_{\text{out}}), \quad (7)$$

где  $\rho_{\infty}$ ,  $\rho_{\text{out}}$  – величины плотности воздуха соответственно на входе и выходе из воздушной прослойки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$g$  – вектор силы тяжести.

Поле плотности воздуха в прослойке связано с распределением температурного поля:

$$\rho = \rho_{\text{окр}} \left( 1 - \frac{T - T_{\text{окр}}}{T_{\text{окр}}} \right), \quad (8)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха в данной точке воздушной прослойки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_{\text{окр}}$  – плотность воздуха при температуре окружающей среды  $T_{\text{окр}}$ ;

$T$  – температура в данной точке воздушной прослойки, К.

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

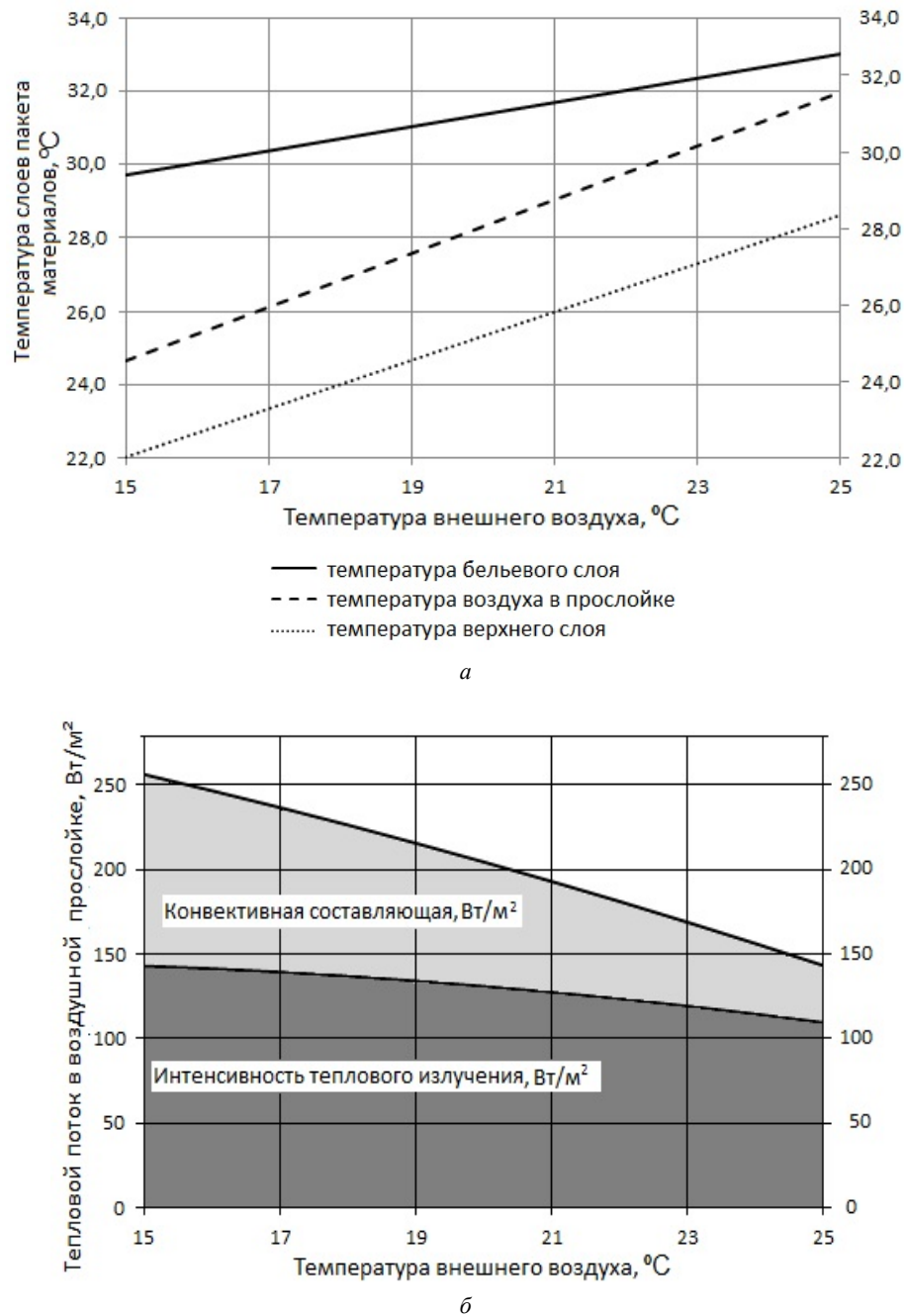


Рис. 3. Результаты исследования тепломассообмена в вентилируемой воздушной прослойке:  
 а – распределение поля температуры в пакете материалов с вентилируемой прослойкой;  
 б – структура теплового баланса в вентилируемой прослойке

По мере повышения температуры воздуха на входе в прослойку разность  $\Delta\rho = \rho_{\infty} - \rho_{out}$  снижается. За счет влияния вектора силы тяжести подъемная сила уменьшается на порядок быстрее. Под действием этого эффекта доля конвективного потока в балансе теплоотдачи снижалась с 49 % при  $t_{окр} = 15\text{ °C}$  до 25 % при  $t_{окр} = 23\text{ °C}$ .

Обоснование эффективности вентилируемой одежды в эксплуатационных условиях проводится путем оценки баланса между требуемым тепловым потоком на поверхности тела человека и его фактическим значением.

Оценка требуемого теплового потока проведена путем расчета метаболического эквивалента работы (metabolic equivalent of task – MET) [8]:

$$MET = 1,162m [Вт] = \frac{1,162h_0m}{m^{0,452}h^{0,725}} \left[ \frac{Вт}{м^2} \right], \quad (9)$$

где  $h_0$  – опорный рост человека (139 см);  
 $m$  – вес человека, кг;  
 $h$  – фактический рост человека, см.

В состоянии покоя тепловыделения составляют 1 МЕТ, или  $47 \text{ Вт/м}^2$  для человека ростом 174 см и весом 70 кг. При легкой физической нагрузке, например ходьбе в свободном режиме, теплопродукция составляет 2...3 МЕТ. При существенных усилиях, например бег трусцой, – 4...5 МЕТ. При работе, требующей серьезных усилий, например перемещение грузов массой до 10 кг, теплопродукция близка к 6 МЕТ, а при предельных физических усилиях (перенос грузов массой свыше 10 кг) – 7 МЕТ. Фактическая теплоотдача с поверхности элемента тела

человека оценивается по тепловому потоку в воздушной прослойке, рассчитанному по модели.

Для оценки соответствия между ними составлена номограмма, поле которой разделено на уровни теплопродукции, различающиеся на 1 МЕТ (рис. 4). Далее на нее нанесены тепловые потоки, рассчитанные для воздушной прослойки  $h_{ag} = 20 \text{ мм}$ . Уровень номограммы, соответствующий значению столбца, характеризует физическую нагрузку, при которой обеспечивается тепловой комфорт организма человека.

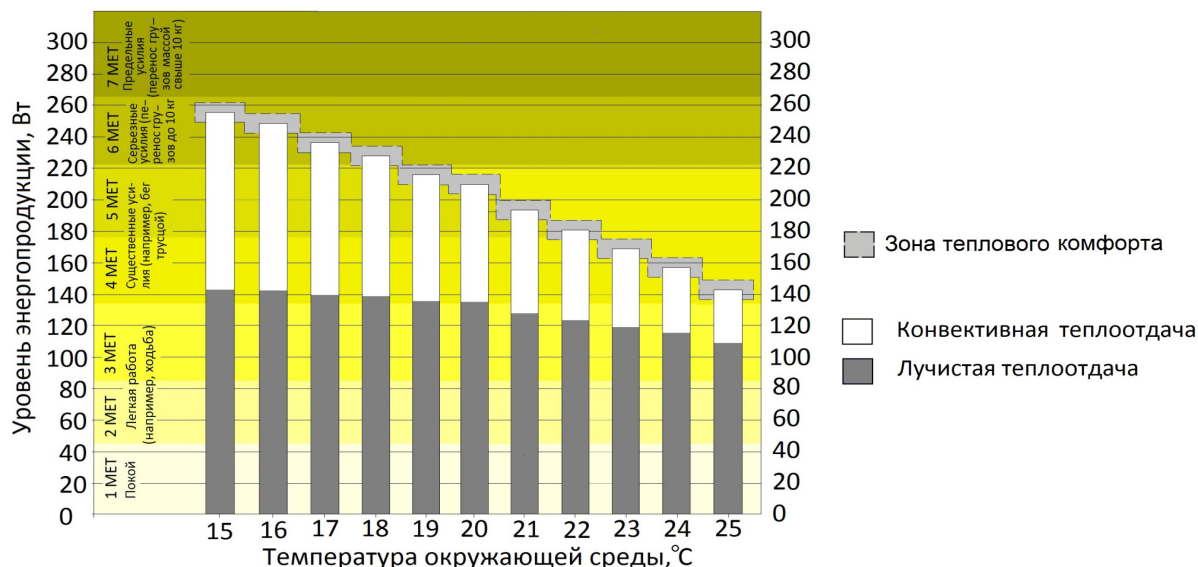


Рис. 4. Номограмма для определения комфортных условий эксплуатации вентилируемой одежды

Тепловой комфорт поддерживается при некотором дефиците (избытке) тепла в организме, значение которого хорошо известно [9]. На поле номограммы эти значения выделены в виде границ зоны теплового комфорта.

Согласно полученным данным, при температурах  $t_{окр} = 15...18 \text{ °C}$  плотность теплового потока в воздушной прослойке  $h_{ag} = 20 \text{ мм}$  способствует поддержанию теплового комфорта человека при выполнении работ, требующих серьезных физических усилий (6 МЕТ). Также на протяжении короткого времени комфорт будет обеспечен при выполнении работ на уровне 7 МЕТ.

При повышении температуры комфортный уровень физической нагрузки ожидаемо снижается. При  $t_{окр} = 19...25 \text{ °C}$  комфортная ин-

тенсивность работ составляет 4...5 МЕТ, что соответствует существенным усилиям.

Уровень теплопродукции, соответствующий физической активности представителей социальных групп с наиболее высоким риском заражения клещевыми инфекциями, соответствует усилиям на уровне 3...5 МЕТ. Таким образом, вентилируемая одежда с воздушной прослойкой толщиной  $h_{ag} = 20 \text{ мм}$  позволит обеспечить эффективную защиту от заражения клещевыми инфекциями.

На основе полученных данных необходимо разработать конструкцию комплекта, в котором будет обеспечена возможность создания и стабилизации воздушной прослойки толщиной  $h_{ag} = 20 \text{ мм}$  между бельевым и верхним слоями.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Analyzing stored thermal energy and thermal protective performance of clothing / G. W. Song, W. Cao, F. Gholamreza // *Textile Research Journal*. 2011. Vol. 81 No. 11. P. 1124–1138.
2. Effects of multiple air gaps on the thermal performance of firefighter protective clothing under low-level heat exposure / M. Fu, W. G. Weng, H. Y. Yuan // *Textile Research Journal*. 2014. Vol. 84, No 9. P. 968–978.

3. Ghazy A., Bergstrom D. J. Numerical simulation of transient heat transfer in a protective clothing system during a flash fire exposure // Numerical Heat Transfer, Part A: Applications. 2010. Vol. 58 No. 9. P. 702–724.
4. Coupled CFD and radiation simulation of air gaps in bench top protective fabric tests / P. Talukdar, D. A. Torvi, C. J. Simonson, C. M. Sawcyn // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010. Vol. 53, No 1/3. P. 526–539.
5. Sawcyn C. M. Heat Transfer Model of Horizontal Air Gaps in Bench Top Testing of Thermal Protective Fabrics // University of Saskatchewan, Saskatoon. 2003. 215 p.
6. Numerical modeling of body heat dissipation through static and dynamic clothing air gaps / Z. Kang, D. Shou, J. Fan // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2020. No 157. P. 119–133.
7. Effect of heterogenous and homogenous air gaps on dry heat loss through the garment / E. Mert, A. Psikuta, M. A. Bueno, R. M. Rossi // International Journal of Biometeorology. 2015. Vol. 59, No 11. P. 1701–1710.
8. Thermal protective performance of protective clothing used for low radiant heat protection / G. Song, S. Paskaluk, R. Sati, E. M. Crown, D. J. Doug, M. Ackerman // Textile Research Journal. 2011. Vol. 81, No 3. P. 311–323.
9. Кощеев В. С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода. М. : Медицина, 1981. 288 с.

## REFERENCES

1. Song G. W., Cao W., Gholamreza F. Analyzing stored thermal energy and thermal protective performance of clothing. Textile Research Journal. 2011;81(11):1124–1138.
2. Fu M., Weng W. G., Yuan H. Y. Effects of multiple air gaps on the thermal performance of firefighter protective clothing under low-level heat exposure. Textile Research Journal. 2014;84(9):968–978.
3. Ghazy A., Bergstrom, D. J. Numerical simulation of transient heat transfer in a protective clothing system during a flash fire exposure. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications. 2010;58(9):702–724.
4. Talukdar P., Torvi D. A., Simonson C. J., Sawcyn C. M. Coupled CFD and radiation simulation of air gaps in bench top protective fabric tests. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010;53(1/3):526–539.
5. Sawcyn C. M. Heat Transfer Model of Horizontal Air Gaps in Bench Top Testing of Thermal Protective Fabrics. University of Saskatchewan, Saskatoon. 2003. 215 p.
6. Kang Z., Shou D., Fan J. Numerical modeling of body heat dissipation through static and dynamic clothing air gaps. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2020;157:119–133.
7. Mert E., Psikuta A., Bueno M. A., Rossi R. M. Effect of heterogenous and homogenous air gaps on dry heat loss through the garment. International Journal of Biometeorology. 2015;59(11):1701–1710.
8. Song G., Paskaluk S., Sati R., Crown E. M., Doug D. J., Ackerman M. Thermal protective performance of protective clothing used for low radiant heat protection. Textile Research Journal. 2011;81(3):311–323.
9. Koshcheev V. S. *Fiziologiya i gigiena individualnoj zashchity cheloveka ot holoda* [Physiology and hygiene of individual protection of a person from the cold]. Moscow, Meditsina Publ., 1981. 288 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 12.05.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

Научная статья

УДК 677.074.017

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-37-40

Светлана Васильевна Букина<sup>1</sup>

Татьяна Александровна Ситникова<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>tmbukina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2137-7304>

<sup>2</sup>tatoshic27@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9859-4788>

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРЕЗКИ ЛОЖНОЙ КРОМКИ ТКАЦКОГО РАПИРНОГО СТАНКА ФИРМЫ DORNIER

**Аннотация.** В настоящей работе сделана попытка разработки методики определения критической скорости резания нитей ложной кромки кромкообразующего механизма ткацкого рапирного станка фирмы Dornier. В предложенном способе расчета принят во внимание ударный характер протекания процесса резания при критической скорости, что позволяет учитывать взаимовлияние параметров рабочего процесса и более полно оценить механику данного процесса, в котором интенсивность силы резания и величина контактного напряжения принимают максимальное значение. В работе произведены расчеты критической скорости резания для некоторых основных типов используемых нитей и параметров лезвия ножа. Представленные результаты расчетов могут быть использованы для выбора рациональных конструктивных параметров лезвия ножа в зависимости от типа перерабатываемых нитей при проектировании и исследовании новых кромкообразующих механизмов на ткацких станках.

**Ключевые слова:** критическая скорость резания, параметры процесса резания, распространение напряжений, растягивающие силы, ткацкий рапирный станок, ложная кромка, нить

**Для цитирования:** Букина С. В., Ситникова Т. А. К вопросу определения критической скорости резания механизма формирования и обрезки ложной кромки ткацкого рапирного станка фирмы Dornier // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 37–40. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-37-40>.

Original article

Svitlana V. Bukina<sup>1</sup>

Tatiana A. Sitnikova<sup>2</sup>

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

## ON THE ISSUE OF DETERMINING THE CRITICAL CUTTING SPEED OF THE MECHANISM FOR FORMING AND TRIMMING THE FALSE EDGE OF THE DORNIER RAPIER LOOM

**Abstract.** In this paper, an attempt is made to develop a method for determining the critical cutting speed of the threads of the false edge of the edge-forming mechanism of the weaving rapier machine. The proposed calculation method takes into account the impact nature of the cutting process at a critical speed, which allows taking into account the mutual influence of the parameters of the working process and more fully assess the mechanics of this process, in which the intensity of the cutting force and the value of the contact stress take the maximum value. The paper calculates the critical cutting speed for some of the main types of threads used and the parameters of the knife blade. The presented calculation results can be used to select rational design parameters of the knife blade, depending on the type of processed threads, when designing and researching new edge-forming mechanisms on looms.

**Keywords:** critical cutting speed, cutting process parameters, stress propagation, tensile forces, rapier loom, false selvage, thread

**For citation:** Bukina S. V., Sitnikova T. A. On the issue of determining the critical cutting speed of the mechanism for forming and trimming the false edge of the Dornier rapier loom. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 37–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-37-40>.

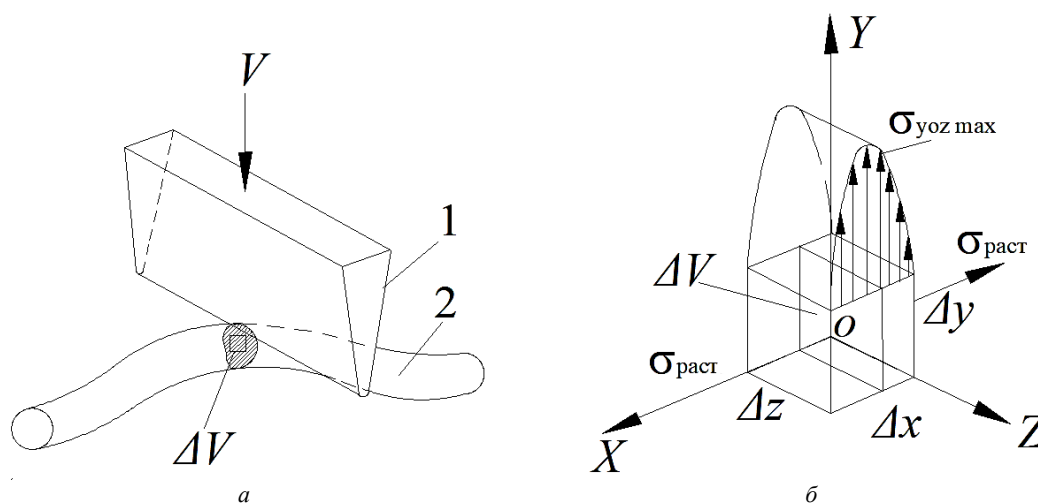
Цель исследования заключается в выявлении взаимовлияния параметров процесса резания ложной кромки ткацкого рапирного станка фирмы Dornier при критической скорости, что позволяет более полно оценить механику процесса резания и выбрать оптимальные параметры лезвия при проектировании новых кромкообразующих механизмов на ткацких станках [1].

**Постановка задачи.** Надежность функционирования машин и оборудования является одной из важнейших характеристик их качества. В связи с увеличением нагрузочных и скоростных режимов технологического оборудования весьма актуальной становится задача получения не только высоких исходных прочностных характеристик, но и обеспечения их стабильности в процессе эксплуатации.

В зависимости от способа воздействия рабочего органа на материал различают три способа разрезания: пуансоном, лезвием и режком. При разрезании лезвием материал разрушается в основном под действием давления вершины двухгранного угла рабочей части ножа, называемой лезвием. Рабочий процесс разрезания материала лезвием состоит из двух этапов: предварительного уплотнения и собственно резания [2]. Процесс резания может быть осуществлен за счет как статического, так и динамического воздействия ножа на материал. Но поскольку нити ложной кромки оказывают незначительное сопротивление изгибу, то резание при статическом действии силы возможно лишь очень острым режущим инструментом, поэтому резание происходит при динамическом действии ножа, а основной характеристикой процесса резания становится скорость. Кроме того, безопорное резание осуществляется при отсут-

ствии противорезающей части. Из-за изменения и резкого увеличения скоростей как рабочих органов, так и других звеньев механизмов возникают существенные сбои в технологическом процессе, а критические скорости и ускорения ведомых звеньев машин и механизмов могут играть существенную роль при их анализе кинематики и динамики. Исследования, посвященные вопросам износостойкости и режущей способности ножниц механизма кромкообразования, изложены нами в работах [3, с. 134–142; 4, с. 159–168]. Кроме того, в работе [3, с. 134–142] приведены значения линейных и угловых скоростей работы кромочного механизма высокоскоростного ткацкого станка фирмы Dornier, которые не превышают 0,8 м/с. Исследования, посвященные вопросам динамического изучения отдельных механизмов, изложены в работах [5, с. 47–49; 6, с. 65–67]. Известно [7, 8], что для достижения устойчивости работы механизмов на высокоскоростном оборудовании требуется вычисление ряда зависимостей, характеризующих механику установившегося движения машинного агрегата, обеспечивающих нормальные условия течения технологического процесса, с требуемыми скоростями, не превышающими допустимой нормы.

В настоящей работе предлагается методика определения критической скорости резания кромочных нитей. На рисунке схематично изображена встреча лезвия 1 с нитью 2 в пространстве (рис. а). Выделим в зоне резания бесконечно малый элемент в форме кубика с шириной  $\Delta x$ , равной толщине лезвия ножа, и рассмотрим распространение напряжений в нем, показанные на рис. б.



**Рис. Схема для определения критической скорости резания кромочных нитей:**  
а – взаимодействие лезвия ножа 1 с нитью 2; б – распространение напряжений в элементе  $\Delta V$

Сам процесс разрезания представляет собой последовательность упругих и пластических деформаций, которые завершаются разрушением материала. Для материалов, подчиненных закону Гука (каким является растяжимая нить), деформация нити прямо пропорциональна нагрузке. Тогда можно принять, что распределение деформации нити в плоскости YOZ соответствует форме кромки лезвия. В плоскости YOZ интенсивность силы резания и величина контактного напряжения принимают максимальные значения. Выразим эти величины через  $\sigma_{YOZmax}$ , что позволяет найти требуемую критическую скорость резания нити для заданных условий резания.

Допустим, что кромка лезвия в плоскости XOY описывается кривой  $y = f(x)$ . Тогда после некоторых преобразований для  $\sigma_{YOZmax}$  можно написать

$$\begin{aligned} \sigma_{YOZmax} &= \sigma_{YOZcp} \frac{y_{max}}{y_{cp}} = \\ &= \sigma_{YOZcp} \frac{\Delta x}{\Delta x y_{cp} + 2 \int_0^{\frac{\Delta x}{2}} f(x) dx} \end{aligned} \quad (1)$$

От воздействия  $\sigma_{YOZmax}$  в направлении оси X возникают напряжения  $\sigma_{раст.max}$ . Раздвоение кубика в плоскости YOZ возможно как от действия  $\sigma_{YOZmax}$ , так и от  $\sigma_{раст.max}$ .

Так как при критической скорости опорного резания нитей вдоль длины нитей не должны возникать какие-либо растягивающие силы, то условия разделения кубика, отвечающие этому требованию, могут быть описаны выражением

$$m_{\Delta} a > 2 F_{YOZ} \sigma_{раст.max} \quad (2)$$

где  $m_{\Delta}$  – масса рассматриваемого элемента;  
 $a$  – ускорение распространения напряженно-состояния по всему объекту элемента разрезанной нити;  
 $F_{YOZ}$  – площадь поперечного сечения этого элемента;  
 $\sigma_{раст.max}$  – напряжение растяжения по оси X,

$$\sigma_{раст.max} = \mu \sigma_{раст.max} \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

В формуле (2) неизвестным является ускорение  $a$ , для определения которого сделаны следующие допущения: масса  $m_{\Delta}$  бесконечно

мала в сравнении с массой ножа; скорость ножа после резания с достаточной точностью равна его скорости до начала резания, т. е.

$$a = \frac{V}{t} \quad (4)$$

где  $V$  – скорость ножа, м/с;  
 $t$  – продолжительность соударения ножа с нитью в период резания, в течение которого распространяется напряженное состояние элемента по всему объему.

Время  $t$  можно определить, используя теорию удара. При встрече нити с ножом (см. рис. а) начинается сжатие бесконечно малого его элемента, непосредственно примыкающего к зоне контакта. Это сжатие передается следующему элементу и так далее, т. е. этот процесс постепенно развивается во времени. В технике такие процессы известны как волновые явления при ударе. Скорость распространения ударных волн во много раз больше скорости соударяемых тел. Таким образом можно сделать вывод, что масса  $m_{\Delta}$  будет приобретать необходимое ускорение за период распространения ударной волны по поперечному сечению нити.

Тогда период распространения ударной волны можно определить из выражения

$$t = \frac{\Delta y}{\sqrt{\frac{E}{\gamma} g}} \quad (5)$$

где  $\Delta y$  – высота элемента, м;  
 $E$  – модуль упругости материала, Н/м<sup>2</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\gamma$  – удельная сила тяжести волокна, Н·с<sup>2</sup>·м<sup>-2</sup>.

После подстановки значений  $a$  и  $\sigma_{раст.max}$  в уравнение (2) получим формулу для определения минимального значения критической скорости резания  $V_{кр}$ :

$$V_{кр} > 2 \Delta y \cdot \frac{\sigma_{разр} [\Delta x y_{cp} + 2 \int_0^{\frac{\Delta x}{2}} f(x) dx]}{\Delta x^2 y_{cp} \sqrt{\frac{\gamma E}{g}}} \quad (6)$$

Определим критическую скорость резания по формуле (6) для некоторых основных типов исследуемых нитей и параметров ножа:  $\Delta x = 0,01 \cdot 10^{-3}$  м и  $f(x) = 0,5x^2$ .

Необходимые при расчете данные и полученные результаты приведены в таблице.

## ВЫВОДЫ

1. Получена зависимость для определения критической скорости резания для некоторых основных типов исследуемых нитей.

2. Результаты расчетов показывают, что величина критической скорости резания для различных типов нитей существенно отличается.

3. Теоретические значения критической скорости резания нитей значительно выше скорости резания нитей на современных станках, вследствие чего разрезание нитей сопровождается возникновением растягивающих сил вдоль длины нити.

Таблица

Параметры исследуемых нитей

Тип исследуемой нити	Механические показатели исследуемой нити				
	напряжение разрыва $\sigma_{\text{разр.}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	модуль упругости $E$ , Н/мм <sup>2</sup>	удельный вес $\gamma$ , Н/мм <sup>3</sup>	условный диаметр нити $d$ , мм	критическая скорость резания $V_{\text{рез.}}$ , м/с
Хлопок	360	5250	$(1,50 \dots 1,58) \cdot 10^{-5}$	0,0133...0,0105	24...31
Шерсть	180	1800	$(1,30 \dots 1,32) \cdot 10^{-5}$	0,0416...0,0208	49,5...99,0
Шелк	460	485	$(1,33 \dots 1,34) \cdot 10^{-5}$	0,0543...0,0303	96,0...177,0
Лен	600	19500	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,0188...0,0118	23,4...33,0

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Приводные системы ткацких станков / под ред. И. А. Мартынова. М.: Легпромиздат, 1991. 272 с.
2. Основы теории резания лезвием // Нехожеными тропами. URL: <http://nehozheno.ru/2011/02/12/osnovy-teorii-rezaniya-lezviem> (дата обращения: 02.02.2021).
3. Гусев В. А., Букина С. В., Дубинкин К. В. К вопросу исследования износостойкости ножниц механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 5(334). С. 134–142.
4. Букина С. В., Сысоева Е. К. Динамическое исследование рычажного механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier для испытания режущей способности механизма // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 5(358). С. 159–168.
5. Букина С. В. Динамическое проектирование рычажного механизма кромкообразования ткацкого станка фирмы Dornier с учетом статической характеристики электродвигателя // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2015. № 1(34). С. 47–49.
6. Кузина Т. А., Болотный А. П. Влияние динамики испытательной машины на процесс разрушения нити при нерегулярных нагрузках // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2005. № 11. С. 65–67.
7. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Изд. 5-е. М.: Либрком, 2010. 272 с.
8. Коловский М. З. Динамика машин. Л.: Машиностроение, 1989. 263 с.

## REFERENCES

1. Drive systems of looms. Martynov I. A. (ed.). Moscow, Legpromizdat, 1991. 272 p. (In Russ.)
2. *Osnovy teorii rezaniya lezviem* [Fundamentals of the theory of cutting with a blade]. URL: <http://nehozheno.ru/2011/02/12/osnovy-teorii-rezaniya-lezviem> (Accessed 01.06.2021).
3. Gusev V. A., Bukina S. V., Dubinkin K. V. On the issue of studying the wear resistance of scissors of the edge-forming mechanism of the Dornier loom. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2011;5(334):134–142. (In Russ.)
4. Bukina S. V., Sysoeva E. K. Dynamic study of the lever mechanism of edge formation of the Dornier loom for testing the cutting ability of the mechanism. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2015;5(358):159–168. (In Russ.)
5. Bukina S. V. Dynamic design of the lever mechanism of edge formation of the Dornier loom with consideration of the static characteristics of the electric motor. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2015;1(34):47–49. (In Russ.)
6. Kuzina T. A., Bolotny A. P. Influence of the dynamics of the testing machine on the process of thread destruction under irregular loads. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2005;11:65–67. (In Russ.)
7. Panovko Ya. G. Fundamentals of the applied theory of vibrations and shock. Ed. 5-e. Moscow, Librkom. 2010. 272 p.
8. Kolovsky M. Z. Dynamics of machines. Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1989. 263 p.

Статья поступила в редакцию 18.06.2021  
Принята к публикации 18.08.2021



Научная статья

УДК 677.022.2:519.876.5:519.248:004.942

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-41-47

**Петр Алексеевич Севостьянов**<sup>1</sup>

**Владимир Иванович Монахов**<sup>2</sup>

**Татьяна Алексеевна Самойлова**<sup>3</sup>

**Екатерина Николаевна Вахромеева**<sup>4</sup>

**Юлия Борисовна Зензинова**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

<sup>1</sup>petrsev46@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9919-5551>

<sup>2</sup>monvi1255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

<sup>3</sup>samoilova\_t@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2727-0011>

<sup>4</sup>1860712@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0536-4044>

<sup>5</sup>jzenzinoval@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7040-7859>

## МОДЕЛЬ УДЛИНЕНИЯ И РАЗРЫВА ТКАНОГО ПОЛОТНА С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ И УТКА

**Аннотация.** В статье приведены результаты разработки компьютерной имитационной модели растяжения и разрыва прямоугольного образца тканого полотна. Модель позволяет задавать модуль упругости, предел прочности и случайные вариации этих показателей на участках нитей основы и утка по их длине. Алгоритм моделирования предусматривает обрыв нитей основы, перераспределение нагрузки и деформации между участками нитей и позволяет получить детальную картину динамики деформации образца ткани до его разрыва. Приведены примеры результатов моделирования, влияния степени взаимодействия между двумя системами нитей на особенности распределения деформации по участкам нитей основы. Показана близость результатов моделирования по разработанному алгоритму и полученных методом конечных элементов и отмечены преимущества предложенного алгоритма.

**Ключевые слова:** тканое полотно, растяжение, разрыв, неравномерность, взаимосвязь основы и утка, компьютерная модель, статистическая имитация, динамика разрыва

**Для цитирования:** Модель удлинения и разрыва тканого полотна с учетом неоднородности и взаимодействия нитей основы и утка / П. А. Севостьянов, В. И. Монахов, Т. А. Самойлова, Е. Н. Вахромеева, Ю. Б. Зензинова // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 41–47. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-41-47>.

Original article

**Petr A. Sevostyanov**<sup>1</sup>

**Vladimir I. Monakhov**<sup>2</sup>

**Tatiana A. Samoilo**<sup>3</sup>

**Ekaterina N. Vakhromeeva**<sup>4</sup>

**Julia B. Zenzinova**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Russian State University named after A. N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

## A MODEL OF THE WOVEN FABRIC ELONGATION AND BREAKING WITH INFLUENCE OF WARP AND WEFT THREADS UNEVENNESS AND INTERACTION

**Abstract.** The article presents the results of development of the woven fabric rectangular sample stretching and tearing computer simulation model. The model allows to set the sample size, elastic modulus and tensile breaking strength of the threads, random variations of these indicators for the warp and weft threads along their length. The modelling algorithm provides for the breakage of the warp threads, the redistribution of stress and strain between the sections of the threads and allows to get a detailed picture of the fabric sample deformation dynamics before it breaks. Examples of modelling results, the influence of the interaction degree between two systems of threads on the features of the strain distribution over the sections of the warp threads

are given. The similarity of the simulation results according to the developed algorithm and the finite element method is shown, and the advantages of the proposed algorithm are noted.

**Keywords:** woven fabric, stretching, rupture, unevenness, warp and weft relationship, computer model, statistical simulation, rupture dynamics

**For citation:** Sevostyanov P. A., Monakhov V. I., Samoilova T. A., Vakhromeeva E. N., Zenzinova J. B. A model of the woven fabric elongation and breaking with influence of warp and weft threads unevenness and interaction. *Technologies & Quality*. 2021. No 3(53). P. 41–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-41-47>.

Растяжение прямоугольного образца тканого полотна с постоянной скоростью (вдоль основы) до разрыва является базовым исследованием его физико-механических свойств [1–3]. Получаемая информация важна, например, при использовании полотна в качестве армирующего компонента композитного материала [4, 5]. Одноосное растяжение сопровождается уменьшением ширины и толщины образца. В начале растяжения деформация похожа на деформацию образца из однородного сплошного материала [6–8]. Можно подобрать модуль упругости и коэффициент Пуассона этого материала так, что его деформация совпадет с деформацией ткани. Однако есть принципиальное различие между сплошным и тканым образцами [9–13]. В образце из сплошного материала действующая в каждой точке внешняя растягивающая нагрузка распределяется по всем направлениям каждого элемента материала в соответствии с тензором упругости материала. При растяжении образца в тканом полотне проявляется его структура, образованная двумя системами нитей основы и утка.

Для моделирования можно выделить следующие уровни детализации:

1) уровень сплошной среды (структурой ткани пренебрегаем) [4, 8];

2) уровень однонаправленной структуры – считаем, что в полотне растяжению сопротивляются только нити основы. Уточные нити создают своего рода поле сопротивления растяжению, действующее вдоль каждой нити основы, перераспределяя нагрузку между нитями основы [11, 12];

3) уровень сетки – нити основы и утка расположены в одной плоскости – плоскости полотна – и первоначально образуют прямоугольную сетку с жесткими связями в точках пересечения [13, 14];

4) каждая нить основы и утка – это цилиндр круглого или овального сечения [3, 15]. Ось цилиндра изогнута в плоскостях, перпендикулярных плоскости полотна в соответствии с раппортом переплетения. Взаимодействие между нитями происходит через давление нитей друг на друга и силы трения;

5) нити основы и утка в процессе прибора подверглись столь сильным деформациям локального изгиба и сжатия, что заполняют собой весь объем полотна [14, 16–18]. Формы поперечных сечений и продольного положения нитей в ткани далеки от правильных.

Геометрически тканое полотно является единым образованием. Однако механически плотность материала и его физико-механические характеристики подвержены не только регулярным вариациям из-за различий в плотности основных и уточных нитей и переплетения, но и случайным вариациям их расположения и деформации. Квантование функций, необходимое для реализации модели на компьютере, естественным образом может быть согласовано с нитями основы и утка.

Структурные особенности тканого полотна в явном виде проявляются на этапе возникновения и развития разрыва образца. Из многочисленных и надежных натуральных экспериментов хорошо известно [1, 2, 10, 14, 15], что разрушение ткани начинается с разрыва отдельных нитей основы в разных точках образца. При этом прикладываемая к нему нагрузка перераспределяется между еще не разорвавшимися нитями. Уточные нити через свое взаимодействие с основой передают нагрузку на части разорванных нитей. Поэтому они продолжают участвовать в сопротивлении растяжению. При дальнейшем нарастании растяжения происходит локализация всей нагрузки и, соответственно, разрывов в пределах одной или нескольких близлежащих уточин. Завершается разрыв тканого полотна разрывом всех основных нитей в пределах узкой полосы из одной или нескольких соседних уточных нитей.

Ниже описывается компьютерная модель имитации растяжения и разрыва. Алгоритм имитации основан на описанном выше механизме возникновения и распространения разрывов основных нитей и перераспределения растягивающей внешней нагрузки на оставшиеся в поперечном сечении образца нити основы.

Обобщенный алгоритм имитации включает следующие шаги.

1. Задание параметров моделируемой системы и начальных условий.

2. Генерация для всех участков обеих систем нитей их геометрических и механических характеристик: длины, толщины, модуля упругости, разрывной нагрузки.

3. Задание приращения растяжения образца, пересчет его в растяжение основных нитей, расчет механических напряжений для каждого участка нитей.

4. Поиск локальных максимумов среди значений напряжений, выделение разорвавшихся участков.

5. Коррекция растяжения всех участков нитей обеих систем с учетом разорванных участков и локальных центров наибольшего напряжения.

6. Накопление результатов одного шага растяжения.

7. Проверка наличия разрыва образца по всей ширине. Если нет, то возврат к п. 3, иначе – завершение одного прогона модели.

Алгоритм моделирования реализован программными средствами системы Matlab. На рис. 1 наглядно показано распределение деформации участков нитей основы для пяти выборочно отобранных шагов растяжения. 1-й кадр сверху показывает начальное распределение длины участков основных нитей, близкое к равномерному, но со случайными вариациями. Интенсивность деформации участков основных нитей показана цветовой гаммой\* в относительной шкале. Чем больше деформация, тем «краснее» цвет. 2-й кадр соответствует небольшому растяжению образца и показывает возникновение нескольких локальных центров концентрации деформаций в полотне.

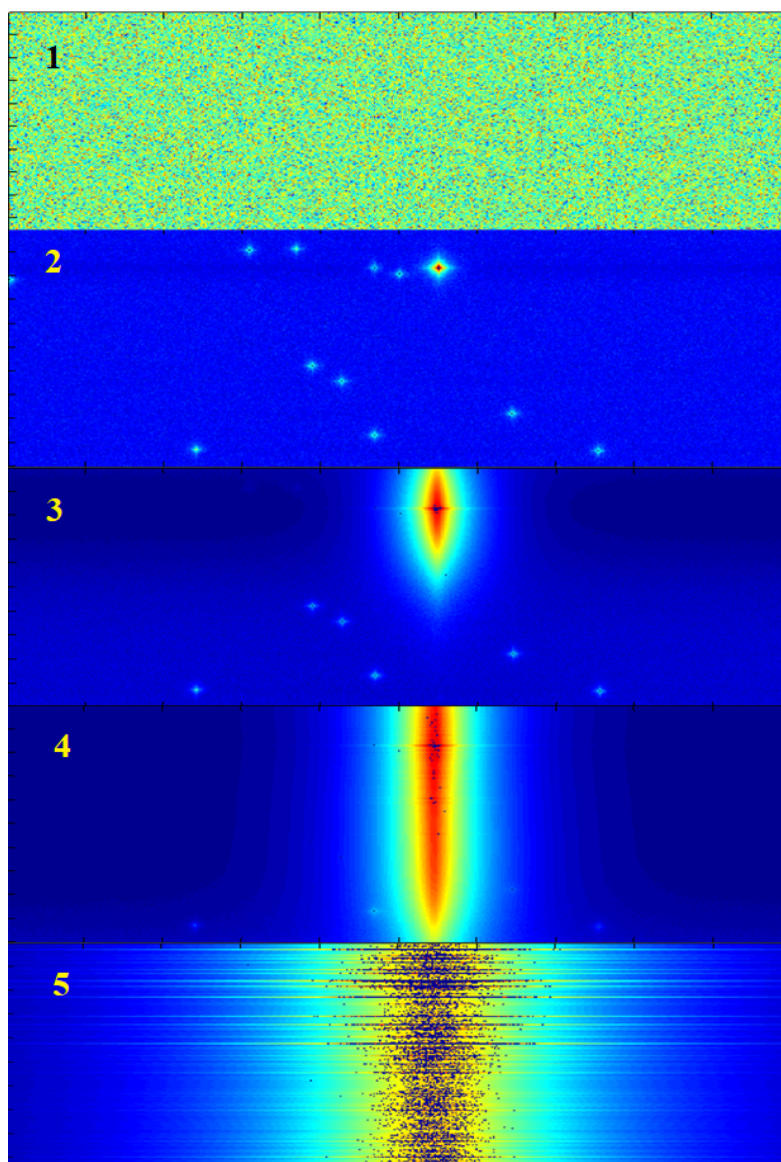


Рис. 1. Отдельные кадры развития деформации в образце ткани. Основные нити направлены по горизонтали, уточные – по вертикали \*

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

На 3-м кадре видно развитие одного из центров, который в сравнении с другими центрами намного превосходит их по величине концентрируемой в нем деформации. 4-й кадр показывает распространение деформации вдоль расположенных рядом нитей утка по всей ширине образца. На 5-м, самом нижнем кадре видны отмеченные темным цветом нити основы, которые разорвались и практически не участвуют в сопротивлении образца растяжению. Таким образом, построенная имитационная модель воспроизводит динамику развития деформации в прямоугольном образце ткани.

Управление взаимодействием между двумя системами нитей в виде передачи деформации между соседними участками нитей реализовано в модели аналогично [2, 12, 18]. Например, при увеличении взаимосвязи между нитями утка разрывы основных нитей на отдельных участках передается только в узкой окрестности этих участков. Этот эффект показан на рисунках 2 и 3.

Концентрация деформации нитей основы в окрестностях локальных максимумов деформации ведет, вместо одного «лидера», который и собирает вокруг себя всю деформацию, к возникновению нескольких, примерно равноценных областей развития деформации. На рис. 4 показаны результаты моделирования растяжения прямоугольного образца методом конечных элементов,

как это описано в литературе [2, 12, 13]. При этом тканое полотно моделировалось как сплошная деформируемая среда. Модуль упругости и коэффициент Пуассона среды менялись периодически для имитации переплетения нитей. Моделировались также и случайные вариации этих параметров.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен алгоритм статистической имитации динамики растяжения и разрыва тканого полотна, реализованный в виде программы в системе Matlab.

2. Алгоритм позволяет учитывать взаимодействие нитей основы и утка, их неоднородность по характеристикам деформации по участкам переплетения вдоль нитей.

3. Имитация воспроизводит процесс возникновения и развития областей концентрации деформации вплоть до разрыва всех нитей основы вдоль уточных нитей.

4. Рассмотрена аналогия между предложенным алгоритмом и моделью деформируемой сплошной среды с применением метода конечных элементов. В отличие от последнего предлагаемый алгоритм учитывает специфику взаимодействия двух систем нитей, отличающую тканое полотно от деформируемой сплошной среды.

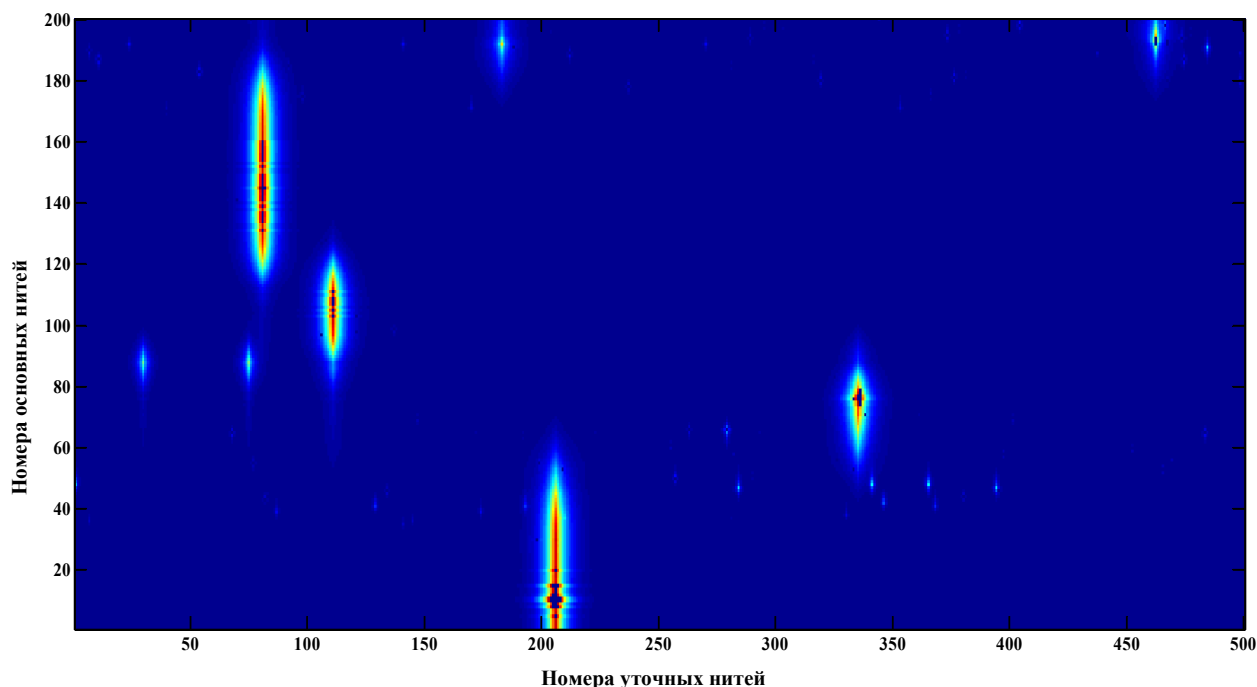


Рис. 2. Сильное взаимодействие между уточными нитями и слабое взаимодействие между основными нитями\*

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

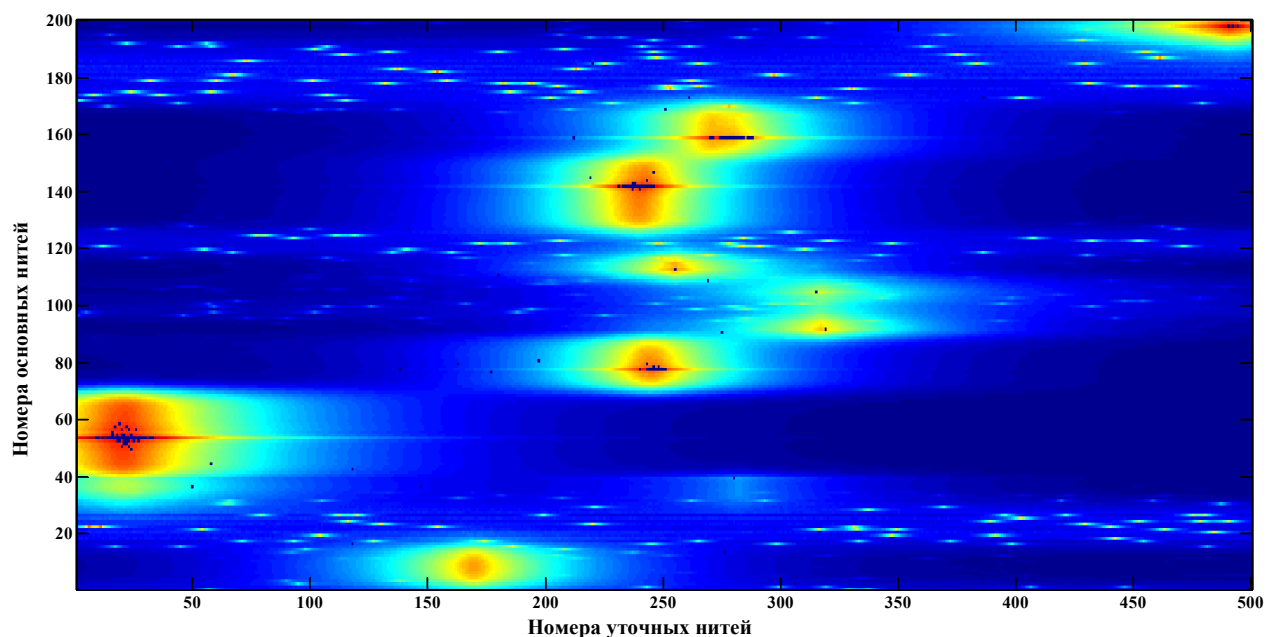


Рис. 3. Слабое взаимодействие между уточными нитями и сильное взаимодействие между основными нитями \*

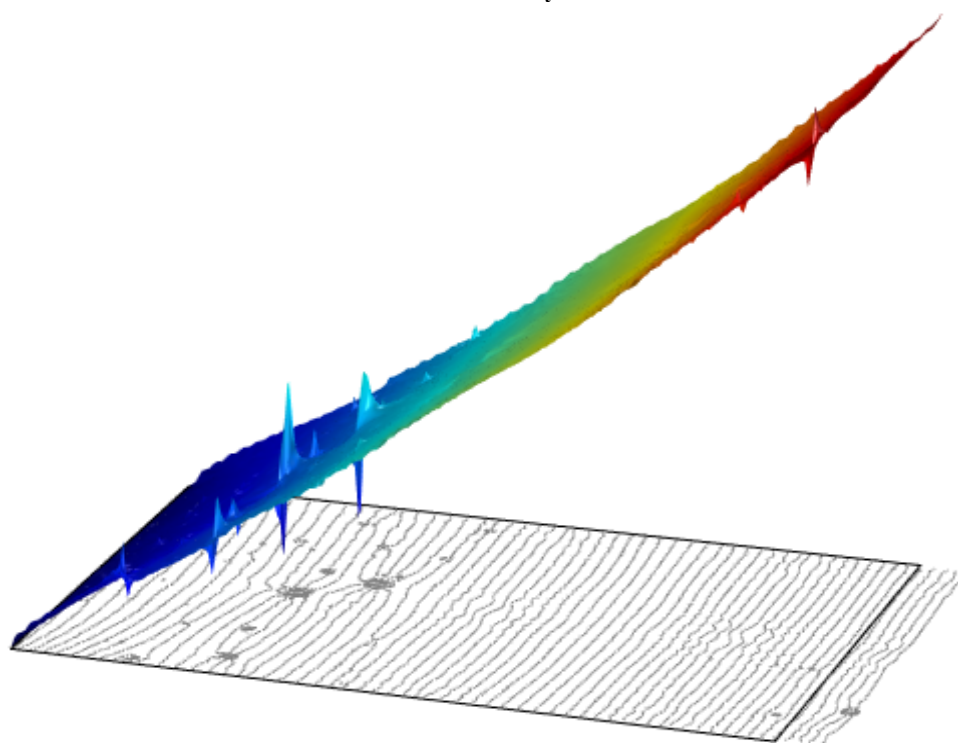


Рис. 4. Распределение удлинений в образце при его растяжении при периодически меняющемся модуле упругости со случайной вариацией

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методы и средства исследований технологических процессов в ткачестве / С. Д. Николаев, А. А. Мартынова, С. С. Юхин, Н. Л. Власова. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003. 336 с.
2. Севостьянов П. А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов : монография. М. : Тисо Принт, 2013. 254 с.
3. Lomov S. V., Truevtzev F. V., Cassidy C. A Predictive Model for the Fabric-to-Yarn Bending Stiffness Ratio of a Plain-woven Set Fabric // Textile Research Journal. 2000. No 70(12). P. 1088–1096.

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

4. Szablewski P. Estimating engineering constants of a selected model of textile composite // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2015. No 40, Sept. P. 236–242.
5. Ghane M., Lari V. Z. Estimating the deflection of weft yarn in plain woven fabric using yarn pull out test // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2014. No 39, Dec. P. 394–400.
6. Modelling of surface roughness based on geometrical parameters of woven fabrics / N. Ezazshahabi, M. A. Tehran, M. Latifi, K. Madanipour // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2017. No 42, March. P. 43–50.
7. Singh M. K., Behera B. K. Effect of residual extensibility of polyester filament yarn on low-stress mechanical properties of fabric // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2018. No 43, March. P. 53–58.
8. Alam Md. S., Majumdar A., Ghosh A. Role of fibre, yarn and fabric parameters on bending and shear // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2019. No 44, March. P. 9–15.
9. Velumani A., Kandhavadi P., Parthiban M. Influence of blend proportion on mechanical properties of banana/cotton blended knit fabric // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2021. No 46, March. P. 41–47.
10. Замышляева В. В., Смирнова Н. А., Лапшин В. В. Анализ методов определения показателей жесткости текстильных материалов при их растяжении // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2009. № 4. С. 10–12.
11. Севостьянов П. А., Тихомирова М. Л. Трение между нитями в тканых полотнах при их удлинении // *Технологии и качество*. 2019. № 3(45). С. 22–27.
12. Sevostyanov P. A., Samoilo T. A., Monakhov V. V. Finite element modelling of nonuniformity in the strain distribution for warp yarns in fabrics // *Fibre chemistry*. 2019. Vol. 50, No 5. P. 473–476.
13. Sevostyanov P. A., Samoilo T. A. Model and energy aspects for propagation of strain and mechanical stresses in textile fabrics // *Fibre chemistry*. 2018. Vol. 50, No 2. P. 108–110.
14. Севостьянов П. А., Самойлова Т. А. Компьютерная модель статистической динамики разрыва тканого полотна при одноосном удлинении // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2020. № 1(385). С. 197–202.
15. Примаченко Б. М., Прохорова И. А. Влияние параметров строения на жесткость хлопчатобумажной ткани при растяжении // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 1987. № 2. С. 106–108.
16. Севостьянов П. А. О закономерности расположения утка в ткани // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 1971. № 2. С. 89–92.
17. Севостьянов П. А. Взаимосвязь между неровнотой пряжи и неровнотой ткани // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 1971. № 4. С. 95–98.
18. Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Монахов В. В. Распределение деформаций по основе и влияние уточных нитей на деформацию при моделировании удлинения основной нити в ткани // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 3(375). С. 163–165.

## REFERENCES

1. Nikolaev S. D., Martynova A. A., Yuhin S. S., Vlasova N. L. *Methods and instruments of Technological Processes Researches in Weaving\**. Moscow, MGTU after A. N. Kosygin, 2003. 336 p. (In Russ.)
2. Sevostyanov P. A. *Computer Models in Mechanics of Textile Materials*. Moscow, Tiso Print, 2013. p. 254. (In Russ.)
3. Lomov S. V., Truevitzev F. V., Cassidy C. A Predictive Model for the Fabric-to-Yarn Bending Stiffness Ratio of a Plain-woven Set Fabric. *Textile Research Journal*. 2000;70(12):1088–1096.
4. Szablewski P. Estimating engineering constants of a selected model of textile composite. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2015;40,Sept.:236–242.
5. Ghane V., Lari V. Z. Estimating the deflection of weft yarn in plain woven fabric using yarn pull out test. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2014;39,Dec.:394–400.
6. Ezazshahabi N., Tehran M. A., Latifi M., Madanipour K. Modelling of surface roughness based on geometrical parameters of woven fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2017;42,March:43–50.
7. Singh M. K., Behera B. K. Effect of residual extensibility of polyester filament yarn on low-stress mechanical properties of fabric. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2018;43,March:53–58.
8. Alam Md. S., Majumdar A., Ghosh A. Role of fibre, yarn and fabric parameters on bending and shear. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2019;44,March:9–15.

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

9. Velumani A., Kandhavadiyu P., Parthiban M. Influence of blend pro-portion on mechanical properties of banana/cotton blended knit fabric. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2021;46, March:41–47.
10. Zamyshlyayeva V. V., Smirnova N. A., Lapshin V. V. Analysis of Methods of Determination of Textile Materials Stiffness in Elongation. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2009;4(318):10–12. (In Russ.)
11. Sevostyanov P. A., Tikhomirova M. L. Friction among the Threads of Weaving Fabrics during their Elongation. *Tekhnologiya i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;3(45):22–27. (In Russ.)
12. Sevostyanov P. A., Samoiloza T. A., Monakhov V. V. Finite element modelling of nonuniformity in the strain distribution for warp yarns in fabrics. *Fibre chemistry*. 2019;50,5:473–476.
13. Sevostyanov P. A., Samoiloza T. A. Model and energy aspects for propagation of strain and mechanical stresses in textile fabrics. *Fibre chemistry*. 2018;50,2:108–110.
14. Sevostyanov P. A., Samoiloza T. A. Computer Model of the Breaking Process of Woven Fabric during One Dimensional Elongation with Method of Statistical Dynamics. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2020;1(385):197–202. (In Russ.)
15. Primachenko B. M., Prohorova I. A. The Influence of the Structural Parameters on stiffness of the Cotton Fabric during Elongation\*. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 1987;2:106–108. (In Russ.)
16. Sevostyanov P. A. About the Regularity of the Location of the Weft in the Fabric. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 1971;2:89–92. (In Russ.)
17. Sevostyanov P. A. The relationship between yarn unevenness and fabric unevenness. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 1971;4:95–98. (In Russ.)
18. Sevostyanov P. A., Samoiloza T. A., Monahov V. V. Warp Strain Distribution and Influence of Weft on it with Simulation of Warp Elongation in Fabrics. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2018;3(375):163–165. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.06.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

Научная статья

УДК 667.021

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-48-51

**Ориф Жумаевич Муродов**

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Республика Узбекистан  
baxrinjom@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

## СНИЖЕНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ СЕМЯН В СЕПАРАТОРЕ ХЛОПКА-СЫРЦА

**Аннотация.** В статье рассмотрены конструктивные особенности хлопкового сепаратора СХ. В результате проведенного анализа установлены основные причины, которые приводят к повышенной механической повреждаемости семян и, как следствие, к снижению качества продукции хлопкоочистительной промышленности. Предложена модернизация существующей конструкции сепаратора путем установки козырька на выходе потока воздуха в отделительную камеру. На основе экспериментальных исследований получена регрессионная математическая модель, позволившая оценить влияние основных конструктивных и технологических параметров на механическую повреждаемость семян. Установлено, что на этот параметр, кроме положения козырька, существенно влияет скорость потока воздуха на входе в отделительную камеру и производительность сепаратора. Получены рекомендации по выбору положения козырька.

**Ключевые слова:** хлопок-сырец, сепаратор хлопка, механическая повреждаемость семян, транспортировка хлопка, вакуум-клапан, пневмосистема, сорные примеси

**Для цитирования:** Муродов О. Ж. Снижение повреждаемости семян в сепараторе хлопка-сырца // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 48–51. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-48-51>.

Original article

**Orif Zh. Murodov**

Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

## REDUCING SEED DAMAGE IN THE RAW COTTON SEPARATOR

**Abstract.** The article discusses the design features of the CX cotton separator. As a result of the analysis, the main reasons are established that lead to increased mechanical damage to seeds, and, as a consequence, to a decrease in the quality of products of the cotton ginning industry. The modernisation of the existing design of the separator is proposed by installing a visor at the outlet of the air flow into the separating chamber. On the basis of experimental studies, a regression mathematical model was obtained, which made it possible to assess the influence of the main design and technological parameters on the mechanical damage of seeds. It was found that this parameter, in addition to the position of the visor, is significantly influenced by the air flow rate at the entrance to the separation chamber and the separator performance. Recommendations on the choice of the position of the visor are obtained.

**Keywords:** raw cotton, cotton separator, mechanical damage to seeds, cotton transportation, vacuum valve, pneumatic system, contaminants

**For citation:** Murodov O. Zh. Reducing seed damage in the raw cotton separator. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 48–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-48-51>.

Очистка хлопка-сырца от крупных сорных примесей является обязательной технологической операцией для подготовки его к джинированию. В ходе этой операции хлопок проходит последовательно через ряд очистительных машин, имеющих рабочие органы в виде колковых и пильчатых барабанов, взаимодействующих с колосниковыми решетками или сетчатыми поверхностями. При этом происходит не только

выделение сорных примесей, но и изменение структуры хлопка-сырца с разделением его на более мелкие части, вплоть до отдельных легучек [1]. Движение хлопка между машинами обеспечивается тягой воздуха в пневмосистеме.

Сепаратор хлопка предназначен для создания тяги в пневмосистеме, обеспечивающей транспортировку хлопка-сырца и волокна между технологическими переходами и отделения транспортируемого продукта от воздуха. При этом сепаратор не должен повреждать волокно

© Муродов О. Ж., 2021



и семена, а сводить к минимуму потери волокон. На достижение этой цели направлена работа по совершенствованию конструкции сепаратора. Некоторые задачи, связанные с совершенствованием конструкции сепаратора хлопка, решены в работах [2, 3]. Однако ряд задач требует дополнительных исследований.

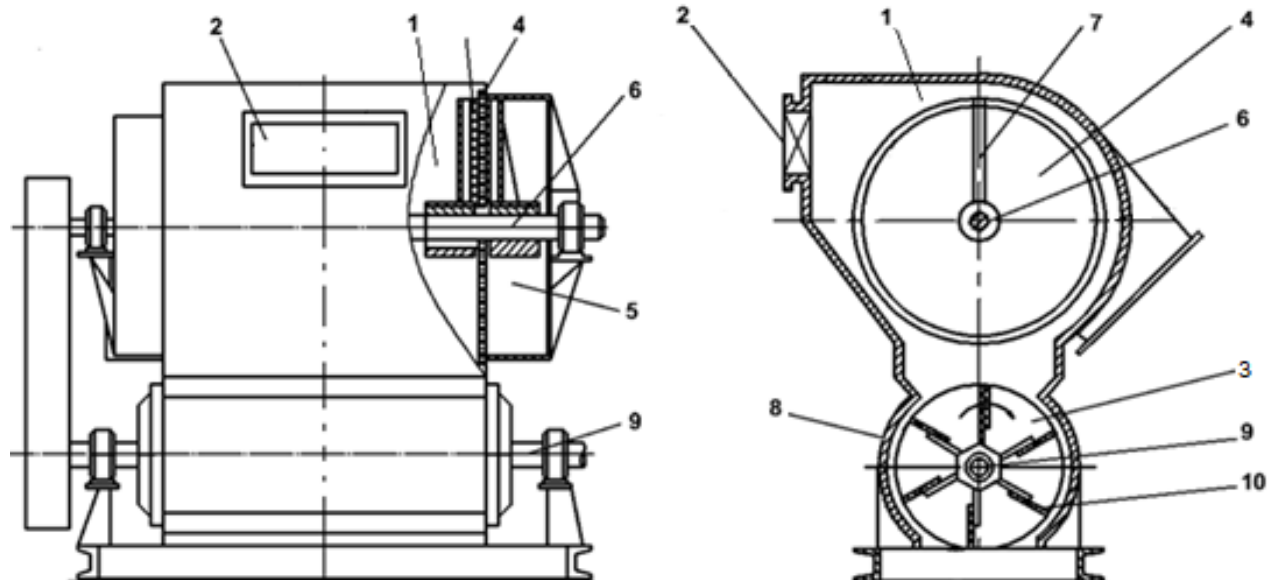


Рис. 1. Конструктивная схема сепаратора СХ

В нижней части камера соединяется с вакуум-клапаном 3, боковые стенки выполнены в виде сетчатой поверхности 4. За этими стенками располагаются камеры 5, из которых с помощью вентилятора (на схеме не показан) отсасывается воздух. По оси отделительной камеры проходит вал 6, к которому крепятся скребки 7. Вакуум-клапан состоит из обечайки 8 и вала 9. На этом валу крепятся резиновые лопасти 10, плотно прилегающие в обечайке.

За счет разрежения, создаваемого вентилятором в камерах 5, воздух с хлопком-сырцом через входной патрубок и окно 2 попадает в отделительную камеру. Поскольку сечение камеры в несколько раз больше сечения входного патрубка, то скорость воздуха снижается и основная масса летучек хлопка-сырца падает вниз в вакуум-клапан 3. Часть летучек движется по инерции и, прежде чем попасть в вакуум-клапан, ударяется о стенку отделительной камеры. Примерно 20...25 % от общего числа летучек за счет тяги воздуха притягивается к сетчатым стенкам 4. Вал 6 при своем вращении перемещает закрепленные на нем скребки 7, которые снимают налипшие на сетку летучки и сбрасывают их в вакуум-клапан. Вал вакуум-клапана 9 вращается вместе с лопастями 10. При этом попавший между ними хлопок выводится из сепарато-

Конструктивная схема сепаратора марки СХ, наиболее широко используемого в хлопкоочистительной промышленности Республики Узбекистан в настоящее время, показана на рис. 1. Сепаратор состоит из отделительной камеры 1, имеющей окно 2, соединяемое с входным патрубком.

ра. Разрежение, созданное в отделительной камере, при этом не нарушается, так как при любом положении лопастей они перекрывают доступ наружного воздуха внутрь камеры.

Серийно выпускаемые сепараторы имеют ряд недостатков, которые приводят к снижению качества волокна и семян. Одним из таких недостатков является высокая скорость движения смеси воздуха с волокном, приводящая к недопустимо высокой скорости соударения летучек о стенку камеры. При этом траектория летучек в момент удара направлена практически по нормали к стенке камеры. Это приводит к дроблению части семян, что является браком. Снизить скорость воздуха на входе в отделительную камеру за счет снижения давления не представляется возможным, так как это ведет к снижению надежности системы транспортирования хлопка-сырца.

Для устранения указанного недостатка предложено ввести в конструкцию сепаратора элемент, позволяющий регулировать направление движения воздуха на входе в отделительную камеру [4, 5]. Схема модернизированной части сепаратора приведена на рис. 2. Для изменения направления движения воздуха, поступающего в отделительную камеру, в ней установлен козырек 11, который может поворачиваться, отклоняя поток воздуха вниз на некото-

рый угол. При изменении направления потока происходит потеря скорости, что должно благоприятно сказаться на снижении такого брака, как механическое повреждение семян.

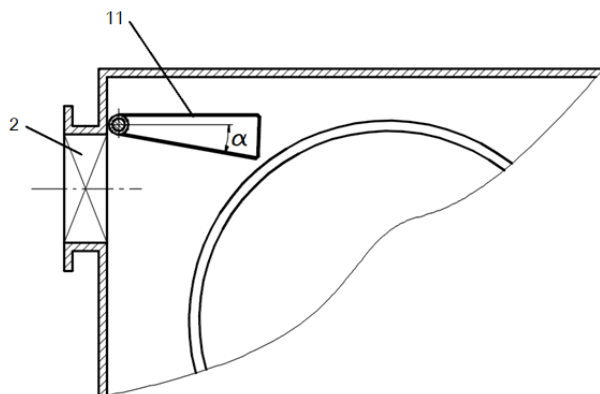


Рис. 2. Конструктивная схема модернизированной части сепаратора

Исследование влияния конструктивных и технологических факторов на механическую повреждаемость семян проводилось экспериментально по методике полного факторного эксперимента (ПФЭ-2<sup>3</sup>). В качестве выходного параметра использовалась механическая повреждаемость семян  $Y$ , %. В качестве управляемых параметров-факторов в настоящем эксперименте использовались:

- скорость воздуха во входном патрубке сепаратора, м/с;
- угол наклона козырька, град;
- производительность сепаратора, т/ч.

Уровни и интервалы варьирования факторов приведены в таблице 1.

Скорость воздуха во входном патрубке сепаратора устанавливалась путем изменения частоты вращения крыльчатки вентилятора, которая изменялась путем смены шкива на приводном валу вентилятора. Контроль скорости воздуха осуществлялся с помощью электронного анемометра на основе трубки Пито марки PCE-PFM-2, имеющего рабочий диапазон измерения скорости потока до 80 м/с и давления до 50 мбар.

Угол отклонения козырька  $\alpha$  от горизонтали (см. рис. 2) устанавливался по транспортеру, закрепленному на корпусе отдельной камеры.

Требуемый уровень производительности сепаратора обеспечивался путем установки соответствующей скорости подачи хлопка-сырца транспортером.

Матрица полного факторного эксперимента ПФЭ-2<sup>3</sup> приведена в таблице 2.

Статистическая обработка результатов эксперимента позволила получить адекватное регрессионное уравнение

$$Y = 1,272 + 0,0835X_1 - 0,01X_2 + 0,039X_3 - 0,026X_1X_3. \quad (1)$$

Как видно из полученного уравнения, первоначальное предположение о том, что основной причиной повреждаемости семян в сепараторе является их удар о стенку отдельной камеры является верным. Уменьшить силу этого удара можно, снизив скорость потока воздуха во входном патрубке или отклонив поток в сторону вакуум-клапана.

Таблица 1

Фактор	Значения уровней факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Скорость воздуха во входном патрубке сепаратора, м/с	$x_{1min} = 20$	$x_{10} = 27,5$	$x_{1max} = 35$	$J_1 = 7,5$
Угол отклонения козырька, град	$x_{2min} = 15$	$x_{20} = 22,5$	$x_{2max} = 35$	$J_2 = 7,5$
Производительность сепаратора, т/ч	$x_{3min} = 10$	$x_{30} = 12,5$	$x_{3max} = 15$	$J_3 = 2,5$

Таблица 2

№	Факторный диапазон			Повреждаемость семян, %			$\bar{Y}$	$S^2\{Y\}$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_{i1}$	$Y_{i2}$	$Y_{i3}$		
1	-	-	-	1,24	1,26	1,25	1,25	0,000100
2	+	-	-	1,4	1,5	1,4	1,33	0,003333
3	-	+	-	0,95	1,01	1,03	1,05	0,001733
4	+	+	-	1,3	1,22	1,23	1,25	0,001900
5	-	-	+	1,31	1,4	1,32	1,34	0,002433
6	+	-	+	1,43	1,4	1,55	1,38	0,006300
7	-	+	+	1,17	1,16	1,17	1,17	0,000033
8	+	+	+	1,27	1,28	1,28	1,28	0,000033

Скорость воздуха во входном патрубке выбирается исходя и необходимости создания

достаточного разрежения на входе в трубопровод, такого, чтобы обеспечить надежный захват

хлопка-сырца. С увеличением длины трубопровода потери давления в нем увеличиваются и для создания необходимого разрежения приходится увеличивать разрежение в отделительной камере, что неминуемо приводит к увеличению скорости воздуха во входном патрубке. Введение козырька приводит к отклонению потока воздуха и некоторому снижению его скорости, но, самое главное, скорость потока в этом случае отклоняется от перпендикуляра по отношению к стенке отделительной камеры, что смягчает удар. Как показывает уравнение (1), угол отклонения козырька является самым значимым фактором, влияющим на повреждаемость семян. При увеличении угла наклона козырька повреждаемость семян снижается. Однако необходимо учитывать, что уравнение получено на ограниченной области факторного пространства. При дальнейшем увеличении угла отклонения козырька он начнет влиять на скорость потока в патрубке, что приведет к нарушению

работы сепаратора. Поэтому рекомендуемый наклон козырька не должен превышать  $35^\circ$ .

Производительность сепаратора нельзя рассматривать как управляемый параметр, она определяется необходимостью согласования производительности оборудования в поточной линии.

#### ВЫВОДЫ

1. При работе сепаратора хлопка марки СХ механическое повреждение семян составляет 1,5 % от общей массы семян, что приводит к существенному снижению качества хлопка.

2. Из полученной регрессионной модели следует, что основным фактором, влияющим на механическую повреждаемость семян, является скорость потока смеси хлопка с воздухом при ударе о стенку отделительной камеры.

3. Установка козырька, отклоняющего поток, позволяет снизить повреждаемость семян до 1 %.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки / С. А. Газиева, Б. Д. Курбонов, М. Э. Нуров, Х. И. Иброгимов, П. Н. Рудовский // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5(347). С. 131–135.
2. Патент SU 720056, МПК D01B 1/02. Сепаратор для волокнистого материала / Давыдбаев Х. К., Каттаходжаев Р. М., Зияев Х. А., Касымов З. Х., Кадырходжаев С. К. Оpubл. 05.03.80.
3. Патент SU 870512 МПК D01B 1/02. Сепаратор для хлопка-сырца / Махаметов Т. Д., Мурадов Р. Оpubл. 7.10.81, Бюл. 37.
4. Murodov J., Juraev A., Rakhimov A., Khojiev M. T. Development of Design and Substantiation of the Parameters of the Separator for Fibrous Materials // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). 2019. Vol. 8, iss. 2, July. P. 5806–5811.
5. Murodov J., Khojiev M. T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2019. Vol. 6, iss. 4, April. P. 8735–8738.

#### REFERENCES

1. Gazieva S. A., Kurbonov B. D., Nurov M. E., Ibrogimov H. I., Rudovskij P. N. Change of structural index of raw-cotton by technological transitions of its processing. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;5:131–135. (In Russ.)
2. Patent SU 720056, MPK D01B 1/02. Davydbaev H. K., Kattahodzhaev R. M., Ziyayev H. A., Kasymov Z. H., Kadyrhodzhaev S. K. Separator for fibrous material. Opubl. 05.03.80. (In Russ)
3. Patent SU 870512 MPK D01B 1/02. Mahametov T. D., Muradov R. Separator for raw cotton. Opubl. 7.10.81. (In Russ.)
4. Murodov J., Juraev A., Rakhimov A., Khojiev M. T. Development of Design and Substantiation of the Parameters of the Separator for Fibrous Materials. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2019;8,2:5806–5811.
5. Murodov J., Khojiev M. T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. 2019;6,4:8735–8738.

Статья поступила в редакцию 23.06.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

Научная статья

УДК 675.019.381

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-52-58

**Наталья Павловна Бодрякова**

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени

К. И. Скрябина, Москва, Россия

bodryakova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7058-3817>

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ НА СОХРАНЕНИЕ СВОЙСТВ МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема сохранения свойств мехового полуфабриката под влиянием биологического фактора при хранении сырья. Выделены и описаны характерные особенности биодеструкции невыделанных шкурок кролика при хранении в условиях повышенной температуры и относительной влажности воздуха. Дана комплексная характеристика мехового полуфабриката, выработанного из сырья различной степени микробиологической порчи. Автором предложена балльная шкала оценивания динамики процессов деструкции мехового сырья и разработана балльная оценка органолептических показателей полуфабриката. В результате комплексных исследований установлено, что степень повреждения запускаемого в переработку мехового сырья влияет на снижение стабильности структуры и прочностных свойств готового полуфабриката.

**Ключевые слова:** шкурки кролика, нарушение условий хранения, биодеструкция, микробиологическая порча, органолептические показатели, балльная шкала, прочностные свойства

**Для цитирования:** Бодрякова Н. П. Влияние условий хранения сырья на сохранение свойств мехового полуфабриката // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 52–58. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-52-58>.

Original article

**Natalya P. Bodryakova**

Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russia

## **THE INFLUENCE OF THE STORAGE CONDITIONS OF RAW MATERIALS ON THE PRESERVATION OF THE PROPERTIES OF THE FUR SEMI-FINISHED PRODUCT**

**Abstract.** This article deals with the problem of preserving the properties of a semi-finished fur product under the influence of a biological factor during the storage of raw materials. The characteristic features of the biodegradation of untreated rabbit skins during storage at elevated temperature and relative humidity are identified and described. A complex characteristic of a semi-finished fur product developed from raw materials of various degrees of microbiological spoilage is given. The author offers a point scale of assessment dynamics of the processes of destruction of fur raw materials and a point assessment of the organoleptic indicators of the semi-finished product was developed. As a result of comprehensive studies, it was found that the degree of damage to the fur raw materials being processed affects the decrease in the stability of the structure and strength properties of the finished semi-finished product.

**Keywords:** rabbit skins, violation of storage conditions, microbiological damage, organoleptic indicators, point scale, strength properties

**For citation:** Bodryakova N. P. The influence of the storage conditions of raw materials on the preservation of the properties of the fur semi-finished product. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 52–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-52-58>.

Меховая индустрия на сегодняшний день представлена комплексом предприятий, деятельность которых базируется на производстве, заготовке, хранении, переработке шкурок домашних и диких животных, отличающихся высоким качеством волосяного покрова, а также изготовлении и реализации меховых товаров.

Изделия из натурального меха всегда занимали особое место на российском рынке одежды, это обусловлено тем, что, во-первых, меховые товары являются одними из самых дорогостоящих среди продукции легкой промышленности, во-вторых, особенностями сурового климата России [1, с. 4–5]. В последнее время изменились тенденции потребительского спроса на меховые изделия: к свойству «согревать» до-

© Бодрякова Н. П., 2021

бавилось желание быть обладателем изящной и роскошной вещи.

Как отметила участница круглого стола «Современный рынок меха: вызовы времени и окна возможностей» в рамках IX Международной выставки тканей и текстильных материалов «Интерткань-2021. Весна» Светлана Алексеева, PR-директор бренда Alena Akhmadullina, «мех – это атрибут русского национального костюма... Мы подчеркиваем уникальность фактуры меха. Есть техники, которые применимы только к меху и не могут быть применены к тканям... Мы... создаем вещь в концепции „Жизнь как искусство“».

В последние годы наблюдается повышенный интерес к меху как к материалу со стороны дизайнеров [2, т. 5]. Современные модельеры выполняют меховую отделку изделий с использованием пушно-меховых полуфабрикатов из песца, норки, лисицы, енота и кролика [3, с. 33].

При изучении потребительского спроса на меховом рынке отмечен возрастающий интерес и востребованность к меховому сырью, полученному от различных пород кроликов мясного направления и их гибридов, пуховых и коротковолосых [2, т. 5]. Шкурки кроликов высоко ценятся благодаря эстетическим и структурно-геометрическим свойствам, доступной цене и возможности имитации под некоторые ценные виды пушнины [4, с. 61]. Кроме того, меховой полуфабрикат из шкурок коротковолосого кролика имеет высокие показатели теплозащитных свойств [5, с. 4].

Качество мехового сырья и полученного из него полуфабриката играет существенную роль в формировании потребительской стоимости готового товара, которая во многом зависит от наличия дефектов на шкурках [6, с. 86]. Снижение показателей качества мехового сырья и полуфабриката возможно на всех стадиях товародвижения [7, с. 72]. Нередко причиной возникновения сырьевых дефектов является биологический фактор при нарушении режимов хранения. Пресносухое меховое сырье надлежит хранить в закрытых, вентилируемых помещениях с поддержанием температуры не выше 25 °С и влажности не выше 65–70 % [8, с. 108]. Однако часто сырье хранится в непригодных складских помещениях, в которых температурный режим зависит от температуры окружающей среды; повышенная влажность воздуха обычно обусловлена отсутствием вентиляции и возможностью проникновения воды извне. Активизация микрофлоры в сырье приводит к плесневению шкурок, теклости волосяного

покрова, потере прочности и других важнейших упруго-пластических показателей [9, с. 81].

Процессы биодеструкции весьма быстро-течны, поэтому контроль качества по показателю микробиологическая обсемененность на основных этапах технологического цикла обеспечит сохранение рентабельности производства высококачественных меховых товаров и получение продукции, отвечающей требованиям санитарно-гигиенической безопасности [10, с. 375]. Особенно актуально обеспечение защиты меховых шкурок при хранении с целью предупреждения возникновения сырьевых дефектов.

В связи с вышеизложенным целью работы заключалась в изучении влияния качества сырья на сохранение свойств мехового полуфабриката. Объектами исследования служили пресносухие шкурки кролика породы белый великан различных сроков хранения и выделанный из них меховой полуфабрикат.

Шкурки кролика разрезали по хребту на две равные части, которые, в свою очередь, разделили еще на 3 части. Отбор проб с половинок шкурок проводили зеркально. В лабораторных условиях для уменьшения экспозиции эксперимента был создан благоприятный для развития микроорганизмов режим хранения опытной группы сырья: температура 27 °С, относительная влажность воздуха 85–90 %. Контрольную группу сырья хранили при температуре 20–22 °С при влажности 65–70 %. Шкурки кролика хранили 7, 14 и 21 сутки, проводя исследования образцов сырья каждые 7 суток. Из шкурок всех сроков хранения по типовой технологии выделали меховой полуфабрикат с дальнейшей оценкой его качества.

Перед закладкой шкурок на хранение провели их органолептическую оценку по ГОСТ 2136–87. Шкурки кролика были первосортные, без признаков линьки, густоволосые, без синевы на мездренной поверхности, волосяной покров чистый, рассыпчатый, без пожелтения, плотно связанный с кожной тканью. Мездра сухая, чистая, без прирезей жира, мяса и сухожилий. Наличие в сырье дыр и разрывов обусловлено небрежной съемкой шкурок.

По органолептической оценке было установлено, что показатели шкурок кролика мехового контрольной группы не изменились за весь экспериментальный срок хранения. На опытных образцах сырья через 7 суток хранения появился слабовыраженный специфический запах; через 14 суток на мездре шкурок наблюдалось локальное ослизнение, отмечен слабо заметный воздушный мицелий плесневых грибов, про-

явился запах, определяемый как гнилостный; через 21 сутки усилились все признаки процесса гниения, зафиксирована теклость волоса.

С целью представить количественную оценку качественных характеристик сырья при хранении нами предложена балльная оценка

динамики микробиологических процессов в меховом сырье (табл. 1).

На основании балльной оценки, представленной в табл. 1, динамику состояния меховых шкурок кролика опытной группы визуализировали на рис. 1.

Таблица 1

Балльная шкала оценки микробиологических процессов невыделанных меховых шкурок кролика

Признак	Критерии оценки, баллы			
	0	1	2	3
Запах	Свойственный сырью	Слабовыраженный гнилостный	Умеренный гнилостный	Резкий гнилостный
Ослизнение, % от площади	0	Менее 25	От 25 до 50	Более 50
Теклость волоса	Отсутствует	Слабая	Умеренная	Сильная
Плесневелость, % от площади	Отсутствует	Менее 25	От 25 до 50	Более 50

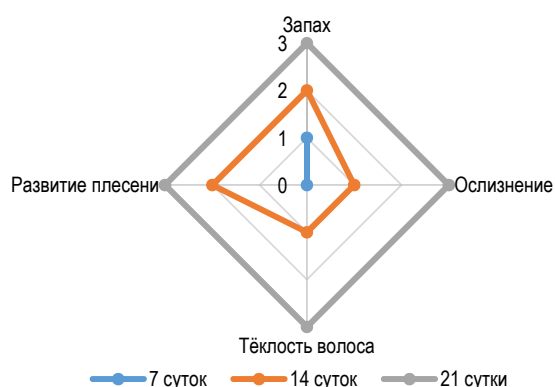


Рис. 1. Динамика органолептических показателей мехового сырья опытной группы при хранении с нарушением гидротермических условий\*

За экспозицию эксперимента запах от собственного сырья достиг ярко выраженного гнилостного и на контрольных точках составил 1-2-3 балла. Ослизнение к концу процесса хранения было оценено в 3 балла, теклость волоса резко проявилась в период с 14 до 21 суток и за все время хранения была оценена в 0-1-3 балла. Плесневение шкурок было зафиксировано на второй неделе и оценено за период хранения в баллах: 0-2-3.

Так как увеличение влажности субстрата является следствием развития микробиологических процессов, изучили содержание влаги в образцах различных сроков выдержки в повышенных гидротермических условиях (рис. 2).

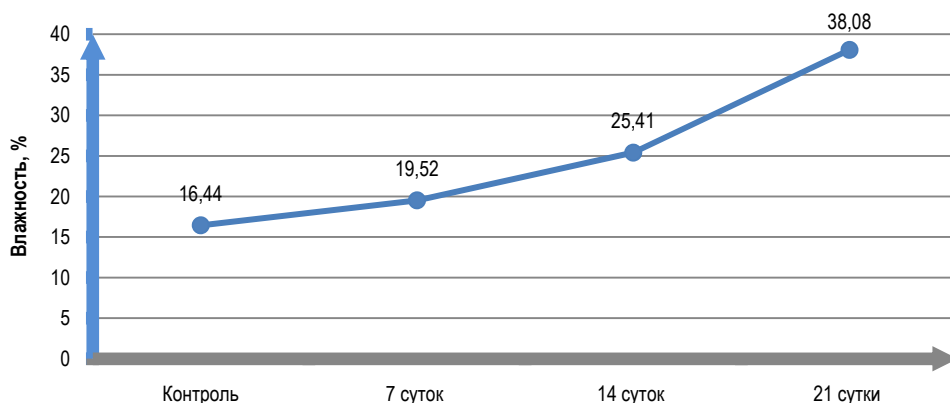


Рис. 2. Содержание влаги в образцах невыделанных шкурок кролика мехового при нарушении режимов хранения

По данным рис. 2 можно отметить, что с увеличением срока хранения сырья в неблагоприятных условиях до 21 суток наблюдали повышение процентного содержания влаги в исследуемых образцах на 21,6 %.

Далее сырье переработали в меховой полуфабрикат. Опытным путем установлено, что

содержание влаги во всех образцах полуфабриката, выработанного из сырья различных сроков хранения, не превышает установленного показателя (не более 14 %) и соответствует требованиям ГОСТ 2974–75, что свидетельствует о правильно проведенном технологическом процессе выделки.

Визуальная оценка показала, что с увеличением срока хранения сырья в благоприятных для микрофлоры условиях на полуфабрикате из

\* Полноцветная версия представлена на сайте.  
URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

шкурки кролика мехового становится более выражен порок плешины, который свидетельствует о микробиологической порче. Процессы деструкции под действием микроорганизмов в сырье при нарушении режимов хранения приводят к изменению структуры шкурки: пучки коллагеновых волокон разволокняются, волос теряет связь с дермой, вследствие чего появляются плешины [9, с. 82–83]. В соответствии с ГОСТ 2974–75 при органолептической оценке учиты-

вали такой показатель, как потяжка. Контрольные образцы тянулись во всех направлениях, опытные теряли способность к потяжке с увеличением срока хранения сырья перед выделкой. Чем дольше хранилось сырье в нестандартных условиях, тем жестче был полуфабрикат.

Для визуализации результатов органолептической оценки нами предложена балльная оценка некоторых показателей мехового полуфабриката (табл. 2).

Таблица 2

Балльная шкала оценки органолептических показателей мехового полуфабриката кролика

Признак	Критерии оценки, баллы			
	0	1	2	3
Плешины	Отсутствуют	Менее 25	От 25 до 50	Более 50
Мягкость полуфабриката	Мягкий	Удовлетворительно мягкий	Грубоватый	Грубый
Потяжка	Хорошая	Средняя	Слабая	Отсутствует

На основании разработанной балльной оценки на рис. 3 представили результаты органолептической оценки мехового полуфабриката кролика.

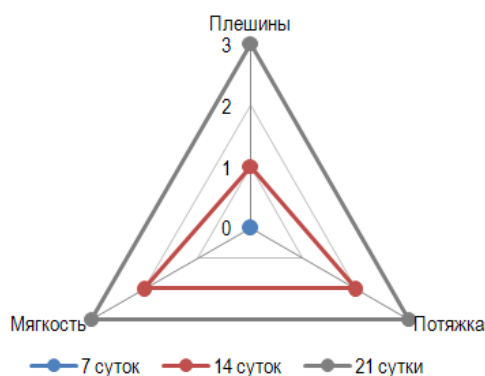


Рис. 3. Органолептические показатели мехового полуфабриката, выработанного из сырья различных сроков хранения\*

Из-за изменений, произошедших при хранении сырья в опытных условиях, ослабилась связь волоса с дермой, что при технологии переработки привело к образованию плешин. Для полуфабриката, выработанного из сырья, хранившегося 7, 14 и 21 суток, балльная оценка составила 0-1-3, соответственно. Потяжка во всех направлениях сохранилась только у полуфабриката, сырье для выделки которого хранилось 7 суток, балльная оценка этого образца 0. Полуфабрикат, выработанный из сырья 14 и 21 суток хранения в неблагоприятных условиях, получил 2 и 3 балла, соответственно. Мягкость полуфабриката в целом снижалась в прямой зависимости от времени хранения используемого

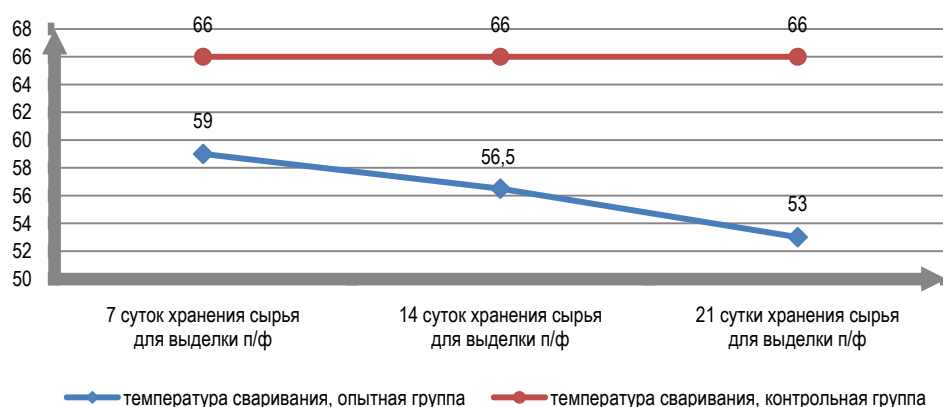
сырья, баллы за мягкость присвоены следующим образом: 0-2-3.

Как известно, нарушение режимов хранения отрицательно влияет на структуру животного сырья [11, с. 148]. Научный интерес данной работы заключался в том, чтобы изучить влияние свойств сырья, запускаемого в переработку, на показатели качества готового полуфабриката.

О стабильности структуры мехового полуфабриката можно судить по температуре сваривания, показатель которой в соответствии с ГОСТ 2974–75 установлен не ниже 65 °С. Результаты определения температуры сваривания мехового полуфабриката, выделанного из сырья контрольной и опытной групп, представлены на рис. 4.

По полученным результатам можно отметить, что температура сваривания полуфабриката, выработанного из сырья, хранившегося при стандартных условиях, соответствует требованиям ГОСТ 2974–75 и в среднем составила 66 °С. При исследовании полуфабриката, полученного из сырья, хранившегося при неблагоприятных условиях, были выявлены отклонения от значения, установленного нормативно-техническим документом. Так, чем дольше хранилось сырье при неблагоприятных условиях, тем ниже был показатель температуры сваривания выработанного полуфабриката. Изученный показатель полуфабриката, полученного из сырья, хранившегося 7 суток, понизился на 7 °С и составил 59 °С. Сырье, хранившееся 14 и 21 суток, позволило выделать готовый полуфабрикат с температурой сваривания 56,5 и 53 °С, соответственно. Установлено снижение температуры сваривания в зависимости от состояния исходного сырья на 13 °С. Анализируя полученные данные, следует отметить, что состояние запускаемого в переработку сырья влияет на снижение стабильности структуры полуфабриката.

\* Полноцветная версия представлена на сайте.  
URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.



**Рис. 4. Температура сваривания мехового полуфабриката кролика, выделанного из сырья различных сроков хранения, °С**

На заключительном этапе провели физико-механические испытания контрольных и опытных образцов мехового полуфабриката (табл. 3).

**Таблица 3**

**Характеристика прочностных свойств мехового полуфабриката кролика, выделанного из сырья различных сроков экспериментального хранения**

Исследуемый образец	Разрывное напряжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Контроль	20,51 ± 1,06	41 ± 1,32
7 суток	21,79 ± 1,86	39 ± 1,05
14 суток	17,39 ± 1,05	32 ± 1,24
21 сутки	14,23 ± 1,05	28 ± 1,60

В результате исследования физико-механических свойств мехового полуфабриката было отмечено снижение разрывного напряжения образцов, выработанных из сырья, хранившегося при неблагоприятных условиях. Причем показатели контрольного образца и опытного, выработанного из сырья двухнедельного выдерживания при повышенной температуре и влажности, имели достоверную разницу ( $t_d(2,35) < t_{st}(2,40)$ ). Данный факт свидетельствует о влиянии качества исходного сырья на прочностные свойства полуфабриката, а именно: на второй неделе хранения мехового сырья

при нарушении гидротермических условий в структуре сырья происходят изменения, влияющие на снижение прочности в готовом полуфабрикate.

Показатель удлинения при разрыве так же изменяется в зависимости от качества используемого сырья. Хранение мехового сырья в неблагоприятных условиях в течение трех недель влияет на получение полуфабриката, удлинение при разрыве которого снижается на 13 % в целом. Снижение данного показателя, в свою очередь, оказывает влияние на пластичность полуфабриката, что может затруднить скорняжные работы.

В заключение работы следует отметить, что чем дольше хранится меховое сырье при нарушении стандартных условий, тем хуже внешний вид и ниже прочностные и пластические свойства выработанного из него полуфабриката. По состоянию волосяного покрова полученный полуфабрикат не пригоден для мехового производства. Но мы не исключаем возможность использования мехового сырья сомнительного качества для выработки кожевенного полуфабриката, исходя из полученных результатов физико-механических испытаний.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянова А. В. Модель получения ключевых конкурентных преимуществ компаниями пушно-меховой индустрии на российском рынке // Стратегии бизнеса. 2018. № 6(50). С. 3–19.
2. Стрелетова О. А., Горбачева М. В., Реусова Т. В. Дизайн-проектирование меховых изделий из шкурок кролика коротковолосого // Костюмология. 2020. Т. 5, № 4. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL420.pdf> (дата обращения: 02.06.2021).
3. Гусева М. А., Андреева Е. Г. Влияние национального колорита на выбор вида меха для декоративной отделки одежды // Вестник Чувашского государственного института культуры и искусств. 2018. № 13-1. С. 31–36.
4. Стрелетова О. А., Горбачева М. В., Сокова Г. Г. Влияние структурных характеристик волосяного покрова шкурок кролика на проектирование меховых изделий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5(383). С. 60–65.



5. Стрепетова О. А., Горбачева М. В., Реусова Т. В. Эргономические свойства мехового полуфабриката кролика коротковолосого // Технологии и качество. 2020. № 3(49). С. 3–5.
6. Стрепетова О. А., Горбачева М. В., Левченкова Т. В. Влияние дефекта волосяного покрова «пегость» на эстетические показатели свойств мехового изделия // Дизайн и технологии. 2019. № 72(114). С. 86–92.
7. Бодрякова Н. П. Разработка комплексной балльной оценки биодеструкции шкурок кролика мехового // Дизайн и технологии. 2019. № 74(116). С. 72–78.
8. Емцева Е. В., Бодрякова Н. П., Зорькина А. А. Технологические аспекты биодеструкции шкурок кролика // Церевитиновские чтения – 2018 : материалы V Междунар. конф., 23 марта 2018 г. / ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова». М. : Изд-во РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2018. С. 108–111.
9. Бодрякова Н. П., Зорькина А. А., Емцева Е. В. Особенности динамики биодеструкции шкурок кролика мехового // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 1. С. 79–85.
10. Бодрякова Н. П., Зорькина А. А. Экономические аспекты сохранения качества мехового сырья при хранении // Рост и воспроизводство научных кадров в АПК : сб. трудов по итогам Российской науч.-практ. интернет-конф. для обучающихся и молодых ученых, 18–19 декабря 2019 г. / под ред. Н. Н. Бессчетновой ; ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. ГСХА, 2020. С. 374–379.
11. Кутепова Н. П. Влияние условий и сроков хранения на микробиологические и структурные изменения кожевенного сырья // Актуальные вопросы товароведения сырья животного происхождения, продуктов животноводства, промышленных и продовольственных товаров : межведомственный юбилейный сб. науч. тр. М. : ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2005. С. 146–148.

## REFERENCES

1. Luk'yanova A. V. Model of obtaining key competitive advantages the companies of the fur and fur industry in the Russian market. *Strategii biznesa* [Business Strategies]. 2018;6(50):3–19. (In Russ.)
2. Strepetova O. A., Gorbacheva M. V., Reusova T. V. Design-designing fur products from short-haired rabbit skin. *Kostyumologiya* [Journal of Clothing Science]. 2020;4(5). URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL420.pdf>. (Accessed 02.06.2021)
3. Guseva M. A., Andreeva E. G. Traditions of slavic embroidery in decoration of modern clothes. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo instituta kul'tury i iskusstv* [Bulletin of the Chuvash State Institute of Culture and Arts]\*. 2018;13-1:31–36. (In Russ.)
4. Strepetova O. A., Gorbacheva M. V., Sokova G. G. Influence of structural characteristics of the pluck feet of rabbit skins on the design of fur products. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2019;5(383):60–65. (In Russ.)
5. Strepetova O. A., Gorbacheva M. V., Reusova T. V. Ergonomic properties of the semi-finished short hairy rabbit fur product. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;3(49):3–5. (In Russ.)
6. Strepetova O. A., Gorbacheva M. V., Levchenkova T. V. The influence of the hair cover defect “piebald” on aesthetic indicators of properties of fur product. *Dizajn i Tekhnologii* [Design and technology]. 2019;72(114):86–92. (In Russ.)
7. Bodryakova N. P. Development of a comprehensive scoring of biodegradation of rabbit fur. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2019;74(116):72–78. (In Russ.)
8. Emceva E. V., Bodryakova N. P., Zor'kina A. A. Technological aspects of biodegradation of rabbit skins\*. *Cerevitinovskie chteniya – 2018: materialy V Mezhdun. konf., 23 marta 2018 g.* [Tserevitinovsky readings-2018: materials of the V International Conference, March 23, 2018] Moscow, REU im. G. V. Plekhanova, 2018, pp. 108–111. (In Russ.)
9. Bodryakova N. P., Zor'kina A. A., Emceva E. V. Features of the dynamics of biodegradation of pelts rabbit fur. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya* [Veterinary, zootechny and biotechnology]\*. 2019;1:79–85. (In Russ.)
10. Bodryakova N. P., Zor'kina A. A. Economic aspects of preserving the quality of fur raw materials during storage\*. *Rost i vosproizvodstvo nauchnykh kadrov v APK : sb. trudov po itogam Rossijskoj nauchn.-prakt. internet-konf. dlya obuchayushchihsya i molodykh uchenykh, 18–19 dekabrya 2019 g* [Growth and reproduction of scientific personnel in the agro-industrial complex: a collection of works.

---

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

- N. N. Besschetnova (ed.)\*. Nizhniy Novgorod, Publ. Nizhegorodskaya GSKHA, 2020, pp. 374–379. (In Russ.)
11. Kutepova N. P. Influence of storage conditions and terms on microbiological and structural changes of raw leather\*. *Aktual'nye voprosy tovarovedeniya syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya, produktov zhivotnovodstva, promyshlennyh i prodovol'stvennyh tovarov : Mezhhvedomstvennyj yubilejnyj sbornik nauchnyh trudov* [Actual problems of merchandising of raw materials of animal origin, animal products, industrial and food products: Interdepartmental anniversary collection of scientific papers]\*. FGOU VPO MGAVMiB. Moscow, 2005, pp. 146–148 (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 27.07.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

# ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 7.05

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-59-64

Мария Владимировна Бондаренко<sup>1</sup>

Ольга Владимировна Ковалева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

<sup>1</sup>maria.bondarenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4459-1653>

<sup>2</sup>ovkovaleva2005@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1160-5780>

## ГЕНЕЗИС И ИСТОРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМ КОСТЮМА ИЗ ТРИКОТАЖА

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена история возникновения и развития изделий из трикотажа от первых образцов ручного вязания до XX века. Представлена история развития ассортимента трикотажных изделий, начиная с вязаных аксессуаров для костюма, в частности чулочно-носочных изделий, до формирования трикотажного костюма. Особое внимание в исследовании уделено важности развития технологий в развитии костюма из трикотажа. Форма и внешний вид трикотажных изделий во многом зависят от переплетений и сырья, из которого выполняется изделие. С развитием технологий производства трикотажные изделия стали полноценным элементом гардероба, что в полной мере раскрылось лишь в XX веке. В этот период трикотаж широко распространился и смог адаптироваться под моду каждой эпохи: трикотаж мог поддерживать образ женственности или андрогинности, изысканности или неряшливости, применялся как для повседневности, так и для авангардных экспериментов.

**Ключевые слова:** трикотажные изделия, ручное вязание, машинное вязание, трикотажный ассортимент, трикотажный костюм, трикотажное производство, история

**Для цитирования:** Бондаренко М. В., Ковалева О. В. Генезис и исторические изменения форм костюма из трикотажа // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 59–64. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-59-64>.

Original article

Maria V. Bondarenko<sup>1</sup>

Olga V. Kovaleva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia

## GENESIS AND HISTORICAL CHANGES IN THE FORM OF KNITWEAR

**Abstract.** This article examines the history of the emergence and development of knitwear products from the first samples of hand knitting to the 20<sup>th</sup> century. The history of the development of the knitwear assortment, from knitted accessories for a suit, in particular hosiery, to the formation of a knitted suit is presented. Particular attention in the study is paid to the importance of technology development in the knitwear development. The shape and appearance of knitwear largely depend on the interloopings and yarns the product is made of. With the development of production technologies, knitwear has become a full-fledged element of the wardrobe, which was fully revealed only in the 20<sup>th</sup> century. During this period, knitwear was widespread and was able to adapt to the fashion of each era – knitwear could support the image of femininity or androgyny, sophistication or slovenliness, it was used both for everyday life and for avant-garde experiments.

**Keywords:** knitwear, hand knitting, machine knitting, knitted assortment, knitted suit, knitted production, history

**For citation:** Bondarenko M. V., Kovaleva O. V. Genesis and historical changes in the form of knitwear. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 59–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-59-64>.

Изделия из трикотажа являются неотъемлемой частью современного костюма, так как трикотажное полотно за счет своих технологических особенностей и свойств позволяет решать сложные дизайнерские задачи по художественному проектированию костюма. При этом особенность производства и конструирования костюма из трикотажа позволяет выделить эту категорию в отдельную нишу в модной индустрии.

Вопросу традиционного костюма, его истории в научной и публицистической литературе уделено большое внимание. История трикотажа с точки зрения возникновения и развития средств художественной выразительности в научных публикациях отражена мало и представлена отдельными временными периодами, что не дает возможности составить цельную картину.

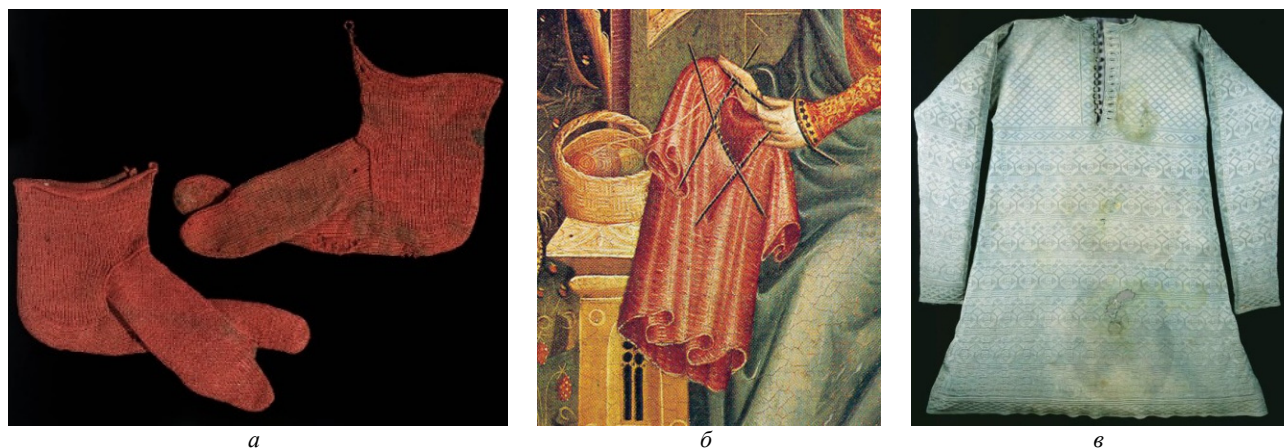
Первые свидетельства использования техники вязания относятся к 256 году нашей эры: в 1933 году на территории восточной Сирии был найден образец вязаного полотна с использованием лицевых и изнаночных петель [1, с. 126]. Примечательна техника выполнения данного образца – вязание одной иглой (*nalbinding*). Эта техника отличается от известных и распространенных в настоящее время способов ручного вязания (спицами, крючком), она относится к более древним ремесленным техни-

кам, и считается, что от нее развилось вязание спицами.

Одними из наиболее древних образов вязаных изделий являются носки, найденные в Египте и датируемые VII веком нашей эры [2]. Важной особенностью ремесла являлось то, что в процессе сразу выполнялось все изделие, детали которого вывязывались по контуру. Как правило, в основном вязались аксессуары: носки или чулки, варежки (рис. 1а).

В период Средневековья вязание распространилось по Европе. Следует отметить, что наряду с распространением вязаных аксессуаров в костюме также начинают появляться вязаные плечевые изделия. На изобразительных полотнах того времени отражено, что процесс вязания осуществлялся на 4–5 спицах, на фрагменте росписи «Посещение ангелов» мастера Бертрама из Миндена Мадонна вяжет на четырех спицах (рис. 1б).

Одним из самых ранних хорошо сохранившихся примеров полностью связанного на руках плечевого изделия является блуза короля Карла I (XVII век). Она была выполнена на спицах из голубого шелка дамасским узором с плотностью вязания более 19 петель на дюйм, что отражает высокий уровень мастерства вязальщиц (рис. 1в).



**Рис. 1. Древние образцы вязания:**  
а – вязаные носки, Египет; б – фрагмент росписи «Посещение ангелов»; в – вязаная блуза Карла I

В XV–XVII веках в гардеробе высшего сословия ношение высоких чулок было обязательным, в результате чего вязание чулочных изделий стало в тот период прибыльным бизнесом. Экспортером шелковых чулок была Италия, развившая в Венеции, Милане, Генуе, Турине ручное производство чулочных изделий. В Англии также развивалось ручное вязание, и в дальнейшем страна стала

мировым центром трикотажного производства, что отразилось на развитии вязания.

В 1589 году английским ученым Уильямом Ли был изобретен первый в мире станок для вязания, который подходил для вязания из шерстяной пряжи и должен был ускорить производство чулок. В этот период началось параллельное развитие ручного и машинного вязания, которые стали конкурировать друг с другом.

До второй половины XVIII века ручное и машинное вязание сосуществовали с сохранением главенства первого. Изделия, выполняемые вручную, вязались по форме деталей и поэтому отличались более высоким качеством, в то время как при работе с вязальными станками полотна сначала отвязывались, а потом кроились и сшивались.

В 1758 году Джедедайя Стратт запатентовал машину с двумя фонтурами (игольницами) Дерби Риббер (Derby Ribber). В 1775 году Иосия Крейн представил вязальный станок, который производил основовязаные полотна, структура которых формируется вязанием по вертикали, а не по горизонтали.

Период с конца XVIII века до начала XIX века стал достаточно тяжелым для трикотажной промышленности из-за смены эпохи и, как следствие, формы костюма. В мужскую моду вошли длинные брюки, произошел резкий спад спроса на мужские чулки, которые являлись основным предметом трикотажного производства в течение трех веков. В результате вновь усилилась конкуренция между ручным и машинным трикотажным производством. Необходимо было искать новые пути организации производства. Так, были найдены новые востребованные сегменты рынка для трикотажа – нижнее белье

и детский трикотаж. Одним из ведущих представителей производителей трикотажа того периода была компания Corah & Sons, которая сотрудничала с британским ритейлером Marks & Spencer.

Важным этапом в истории трикотажной промышленности стало изобретение круговой вязальной машины в 1816 году с ее дальнейшим усовершенствованием Питером Клауссеном в 1845 году, что упростило процесс изготовления кроеных трикотажных изделий [3, с. 15]. В 1847 году Мэтью Даунсенд изобрел вязальную язычковую иглу, которая упростила процесс петлеобразования на машинах и до сих пор используется в трикотажной промышленности. Большой вклад в развитие трикотажных изделий, в частности технологий цельновязанных изделий, внес Уильям Коттон, который разработал более сотни модификаций вязальных машин, в том числе кругловязальные.

К 1870-м трикотажная промышленность развилась настолько, что трикотажные предприятия начали производить самостоятельные предметы одежды, а чулочно-носочные изделия стали занимать лишь часть ниши всего трикотажного производства. Так, например, в женский гардероб вошли изделия из трикотажа джерси (рис. 2).



Рис. 2. Трикотажные модели женской одежды и аксессуаров, конец XIX века

Индустриализация, продолжение развития технологий в начале XX века продолжили изменять ритм жизни населения, что в свою очередь отразилось и в костюме. У людей стало появляться больше свободного времени, которое они могли уделять досугу, в том числе и спортивным играм, что спровоцировало увеличение спроса на удобную одежду из трикотажа: костюмы для тенниса, катания на лыжах, походов.

В этот период огромное влияние на моду оказала Габриэль Шанель, активно использовавшая трикотаж для создания современных комфортных моделей женской одежды. Так, Шанель ввела в моду джерси, который долгое время использовался для изготовления мужского белья, предложив из этого материала костюм из пуловера, кардигана и юбки (рис. 3).



Рис. 3. Модели женской одежды 1910-х годов

Следует отметить, что модели трикотажной одежды изготавливались как с использованием технологий кроя, так и с помощью ручного и машинного вязания. В этот период сформировался трикотажный ассортимент, не имеющий швейных аналогов: кардиганы, свитеры, пуловеры, твинсеты.

После Первой мировой войны интерес к трикотажу не пошел на спад: одежда из трикотажа продолжала ассоциироваться с отдыхом и спортивными играми (в 1920-х в моду вошла рубашка поло). Также начало популяризоваться такое направление, как традиционный трикотаж: свитеры, производившиеся вручную на Шетландских, исландских, английских и других островах на севере Европы.

Изменившаяся под влиянием джаза 1920-х годов длина платьев спровоцировала рост спроса на женские чулки и новый виток развития этой отрасли в трикотажной промышленности. Жан Пату, Эльза Скиапарелли и Габриэль Шанель продолжали вводить спортивный трикотаж в повседневный гардероб. Трикотаж позволил не только создавать модный силуэт комфортных в использовании изделий, но и за счет собственных технологий позволил наполнить форму костюма разнообразными эффектами: выстроить ритм полос за счет смены цвета пряжи, создать плиссировку за счет смены переплетения. Жаккардовые орнаменты, вышивка и аппликации на полотне определили широкое разнообразие во внешнем виде трикотажного костюма.

В 1921 году принц Уэльский Эдуард VIII предстал перед публикой в свитере с традиционными шетландскими узорами фер-айл, задав новый модный тренд для любителей гольфа по обе стороны Атлантики.

В следующие десятилетия, вплоть до конца Второй мировой войны, мода изменялась, а закономерности формообразования костюма из трикотажа стали подстраиваться под правила формообразования костюма из ткани, с учетом особенностей кроя и технологии пошива. Увеличилось производство одежды из кроеного трикотажа, так как этот способ был проще и дешевле. При этом именно в 1930-е в английском языке появился термин knitwear, который определил одежду из трикотажа как отдельное направление в costume. В рамках работы обозначим понятие knitwear в русском языке как «трикотаж», который будет подразумевать не вязаное полотно, а определять ассортимент созданных с помощью технологий вязания одежды и аксессуаров.

В нестабильные времена, такие как Великая депрессия или Мировая война, ручное вязание рассматривалось как вынужденная мера, чтобы обеспечить себя теплой одеждой, или как «бедный» способ соответствовать моде своего времени.

После Второй мировой войны стала развиваться электроника, что впоследствии проложило путь к развитию компьютеризации оборудования в 1970–1980 годах. На развитие трикотажной промышленности влияли не только новые технологии для вязального оборудования, но и новые возможности в производстве сырья.

Усложнение трикотажного оборудования и новые возможности производства увеличили разрыв между ручным вязанием и промышленным трикотажем. Если при зарождении и становлении вязальных машин показателем высокого качества было ручное вязание, то теперь

модный трикотаж ассоциировался именно с производством.

В 1950-х годах форма трикотажных изделий (рис. 4а) легко адаптировалась как под стиль New Look, так и под более прямые силуэты, предлагаемые Шанель и Баленсиагой, или под зарождающийся стиль в молодежной одежде, который полноценно проявил себя в 1960-х.

Развитие технологий производства пряжи и трикотажа, начавшееся в 1950-х, вместе с изменениями в обществе, позволили трикотажу стать в 1960–70-х годах не просто дополнением к модному гардеробу, а модным самому по себе. Структура трикотажных полотен позволила обыгрывать в костюме композицию орнаментов, вдохновленных оп- и поп-артом (рис. 4б), этникой (рис. 4в) и различными объектами поп-культуры, активно использовались джерси и жаккард, фер-айл, ластичный трикотаж «лапша» и полотна с яркими цветными полосами. А появление моды на «мини» в свою очередь повлияло на чулочно-носочное производство – стали появляться оригинальные модели чулок с яркой палитрой и интересными эффектами.

Движение хиппи вновь вызвало интерес к ремеслам [4, с. 57], в том числе и к вязанию. Помимо вязания на спицах или крючком, популярность приобрела работа на ручных вязальных машинах. Машины позволяли создавать узоры с помощью перфокарт, вязать фер-айл, интарсию, ажурные переплетения, вивинг.

Объемные свитеры восьмидесятых (рис. 4г) дали дизайнерам большие пространства для творчества, что выразилось в появлении крупных рисунков, выполненных ручным вязанием или интарсией, изображающих экзотических животных и растения, исторические сюжеты, объекты искусства. Расширился ассортимент

фасонной пряжи, трикотаж из синтетических волокон обрел популярность в одежде для занятий аэробикой.

В 1980–1990-х годах трикотаж продолжал различным образом интерпретироваться в том или ином направлении моды: одежда из трикотажа гармонично вошла как в бунтарский стиль панков в виде порванных футболок и связанных на крупных спицах свитеров, так и в гламурный стиль восьмидесятых в виде джемперов из кашемира, украшенных камнями и бисером, в гранж девяностых и другие.

Новый подход в работе с трикотажем разработали представители направления деконструктивизма в моде, японские дизайнеры и Антверпенская шестерка. Используя асимметрию, незакрытые края вязания, роспуск и вытянутые петли полотен, швы на лицевой стороне, нестандартные пропорции, они изменили представление о костюме из трикотажа. Разработка САПРа для трикотажного оборудования позволила развиваться новому направлению производства трикотажных изделий: наряду с трикотажем для раскроя и регулярным трикотажем машины начали производить бесшовный трикотаж.

Начиная с 1990-х и по настоящее время в сфере производства трикотажной одежды происходит постоянное взаимодействие между базовым трикотажем, предлагаемым масс-маркетом, трикотажем высокого качества от фирм, имеющих свою историю, и ручным вязанием. Последнее существует как в формате домашнего хобби, так и как полноценная профессиональная деятельность. Изделия, связанные руками, находят свой спрос не только в ателье, где одежду изготавливают на заказ, но и на мировых подиумах и в авангардной моде (рис. 4д).



Рис. 4. Трикотажные модели второй половины XX века:

а – пятидесятые; б – шестидесятые; в – семидесятые; г – восьмидесятые; д – девяностые

Многие известные сейчас бренды внесли большой вклад в популяризацию трикотажа или начали свой путь в модной индустрии с производства трикотажа: Lacoste, Ralph Lauren, Tommy Hilfiger, John Smedley, Pringle of Scotland, Missoni, Жан Пату, Соня Рикель, Андре Курреж, Аззедин Алайя [5].

Следует отметить, что в настоящее время, когда уделяется усиленное внимание проблемам экологии, в долгосрочных тенденциях находятся идеи медленной и устойчивой моды, разумного потребления, одежда из трикотажа регулярного способа производства является актуальной, востребованной и соответствующей современным запросам общества: минимальные отходы в виде пряжи; бесшовные технологии позволяют сократить количество операций производства; изготовление вязаной одежды дороже кроеной, объемы производства меньше, а приобретение вязаной вещи осуществляется более осознанно. Также вновь становится популярным ручное вязание, которое не только отвечает идеям «зеленой» политики, но и отражает современные идеи самовыражения.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время трикотаж стал неотъемлемой частью современного мужского, женского, детского гардероба.

На протяжении всей истории своего развития форма трикотажа напрямую зависела от существующих в данный момент технологий вязания и производства сырья. С XVI века началось развитие трикотажного оборудования, которое оказало значительное влияние на возможности формообразования трикотажа, а также породило конкуренцию между ручным и машинным вязанием, которое продолжается до сих пор.

Трикотаж имеет тесную историческую связь с Англией и другими северными странами. Большая часть трикотажных брендов ориентирована на производство удобного, комфортного трикотажа, эстетика которого заключается в высоком качестве производства.

Благодаря сложившемуся образу традиционности в сочетании с современными технологиями сейчас трикотаж широко распространен и может быть представлен и как уютный, но «старомодный» свитер, и как высокотехнологичный комфортный костюм. Но вне зависимости от того, как он произведен, трикотаж ассоциируется с комфортом, мягкостью и уютом.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Donofrio-Rerezza L., Heffren M. Designing a knitwear collection: from inspiration to finished garments. New York, 2008. XIX, [1]. 300 p.
2. Lambert G. A. The taxonomy of sweater structures and their origins: a thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in the partial fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science: Raleigh, 2002. 168 p.
3. Fogg M. Vintage fashion knitwear: collecting and wearing twentieth-century knitwear. 1st ed. London: Carlton Books Limited, 2010. 224 p.
4. Тёрни Дж. Культура вязания / перевод с англ. Е. Кардаш. М. : Новое литературное обозрение, 2017. 288 с.: ил. (Библиотека журнала «Теория моды»).
5. Lafuente M. Knitwear fashion design : [drawing knitted fabrics and garments]. Barcelona, 2013. 157, [2] p.

## REFERENCES

1. Donofrio-Rerezza L., Heffren M. Designing a knitwear collection: from inspiration to finished garments. New York, 2008. 300 p.
2. Lambert G. A. The taxonomy of sweater structures and their origins. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University In the partial fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science. Raleigh, 2002. 168 p.
3. Fogg M. Vintage fashion knitwear: collecting and wearing twentieth-century knitwear. 1st ed. London, Carlton Books Limited, 2010. 224 p.
4. Turney J. The Culture of Knitting. Moscow, Novoe literaturnoe obozrenie Publ., 2017. 288 p.: il. (In Russ.)
5. Lafuente M. Knitwear fashion design : [drawing knitted fabrics and garments]. Barcelona, 2013. 157, [2] p. : ill., col. ill.

Статья поступила в редакцию 9.03.2021  
Принята к публикации 18.08.2021



Научная статья

УДК 666.29:739.52:739.2

doi 10.34216/2587-6147-2021-3-53-65-71

Мария Эдуардовна Музыкантова<sup>1</sup>

Татьяна Викторовна Лебедева<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>mmuzykantova@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-8041-0274>

<sup>2</sup>letavi44@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7744-4193>

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОРНАМЕНТ В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ХУДОЖЕСТВЕННЫМИ ЭМАЛЯМИ

**Аннотация.** В работе отражена актуальность использования геометрического орнамента в дизайне ювелирных украшений. Подробно проиллюстрирован поэтапный процесс построения геометрического орнамента гирih в программе 3D-моделирования на примере двенадцатикратной звездчатой розетки, а также получение из линейного орнамента объемного изделия в перегородчатой и витражной техниках эмалирования. Продемонстрированы варианты орнаментальных композиций разной формы и сложности, получаемые из простого орнаментального модуля. Предложены варианты заполнения геометрических розеток эмалями различных цветов. Представлена визуализация ювелирных украшений с геометрическим орнаментом. Данный прием позволяет существенно расширить возможности дизайна ювелирных изделий, выполненных в техниках перегородчатого и витражного эмалирования.

**Ключевые слова:** дизайн, геометрический орнамент, гирih, художественное эмалирование, перегородчатая эмаль, витражная эмаль, эмалевая ячейка, 3D-моделирование, ювелирные украшения

**Для цитирования:** Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В. Геометрический орнамент в дизайне ювелирных изделий с художественными эмалями // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 65–71. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-65-71>.

Original article

Maria E. Muzykantova<sup>1</sup>

Tatiana V. Lebedeva<sup>2</sup>

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

## GEOMETRIC ORNAMENT IN JEWELLERY DESIGN WITH ARTISTIC ENAMELS

**Abstract.** The paper reflects topicality of the use of geometric ornaments in the design of jewellery. The stepwise process of constructing a geometric girih ornament in a 3D modelling program is illustrated in detail on the example of a twelve-fold star rosette, as well as obtaining a three-dimensional product from a linear ornament in cloisonne and stained-glass enamelling techniques. The variants of ornamental compositions of different shapes and complexity obtained from a simple ornamental module are demonstrated. Variants of filling geometric rosettes with enamels of various colours are proposed. The visualisation of jewellery with geometric ornaments is presented. This technique allows significantly expanding the design possibilities of jewellery made in the techniques of cloisonne and stained-glass enamelling.

**Keywords:** design, geometric ornament, girih, artistic enamelling, cloisonne enamel, stained glass enamel, enamel cell, 3D modelling, jewellery

**For citation:** Muzykantova M. E., Lebedeva T. V. Geometric ornament in jewellery design with artistic enamels. Technologies & Quality. 2021. No 3(53). P. 65–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-3-53-65-71>.

Художественное эмалирование является одной из базовых технологий ювелирного производства, расширяющей арсенал художественных средств и приемов реализации авторских идей, создающей уникальные цветовые сочета-

ния, обладающие яркой индивидуальной выразительностью [1–5].

Ювелирные изделия с эмалью пользуются неизменно высоким спросом у потребителей, поэтому каждый производитель добавляет в свой ассортимент разнообразные по стилю и техникам коллекции украшений с эмалью.

© Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В., 2021

В настоящее время в ассортиментном ряду ювелирных украшений с эмалью наиболее популярными являются изделия, выполненные в техниках перегородчатого и витражного эмалирования. В связи с постоянным расширением ассортимента актуальна тема поиска новых идей дизайна ювелирных изделий для воплощения в данных техниках эмалирования.

В ювелирном искусстве часто используются орнаменты разных стилей, но не каждый орнамент подходит для изделий, выполненных в техниках перегородчатого и витражного эмалирования. В данной работе предлагается обратить внимание на геометрические орнаменты. Тема геометрии всегда использовалась в дизайне ювелирных изделий, но применительно к эмалированию она, как правило, ограничивается простыми элементами и орнаментами. Возможно, это связано с тем, что построение более сложных композиционных схем требует от дизайнера особых углубленных знаний как орнаменталистики, так и требований к геометрическим параметрам эмалируемых ячеек.

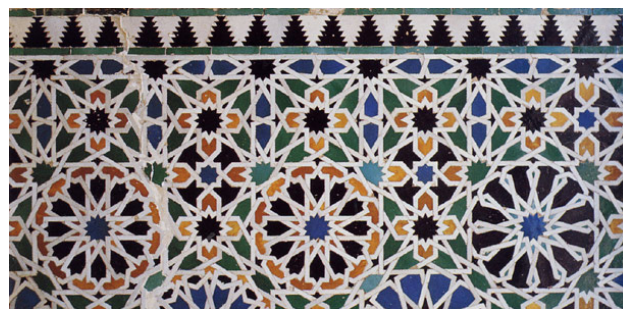
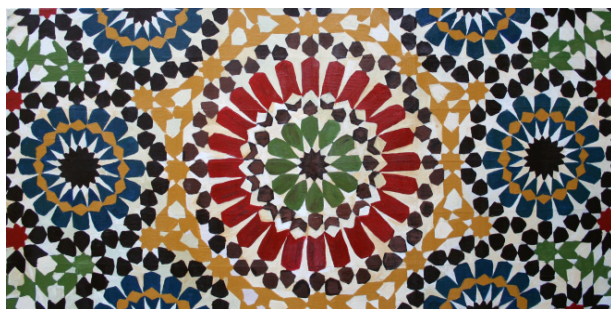


Рис. 1. Орнамент гирих

Традиционный способ построения орнамента основывается на использовании циркуля и линейки, причем можно использовать линейку без шкалы, так как она нужна не для измерений, а для проведения ровных линий [7]. Современные компьютерные технологии позволяют быстро и точно проектировать геометрические орнаменты различной сложности.

В данной работе подробно рассмотрен способ построения двенадцатикратной звездчатой розетки в 3D-программе (табл.). Розетка состоит из двенадцатиконечной звезды и повторяющихся 12 раз элементов: кайт (красный), лепесток (зеленый), стрела (синий) (рис. 2).

Толщина перегородок зависит от размера проектируемого изделия, сложности орнамента и технологических особенностей изготовления изделия. Важно сохранить красоту орнамента и при этом обеспечить прочность и технологич-

ность изделия. Чем сложнее орнамент, чем больше в нем мелких ячеек или ячеек сложной формы, тем тоньше должны быть перегородки (с учетом технологических ограничений). Следует отметить, что не каждый орнамент может быть воплощен в маленьком изделии.

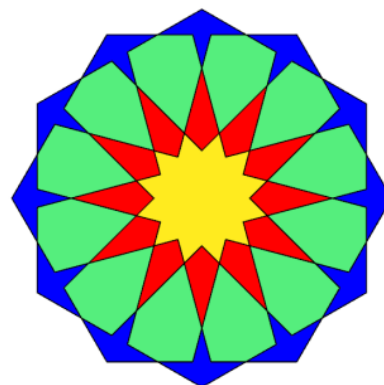
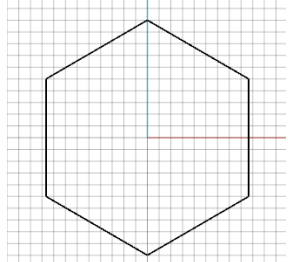
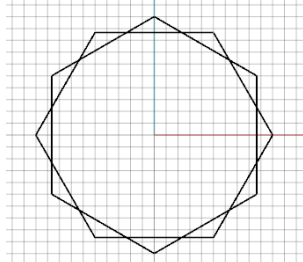
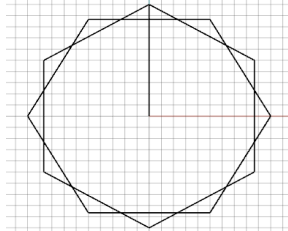
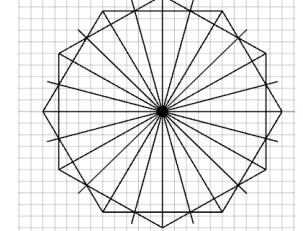
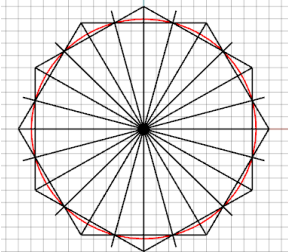
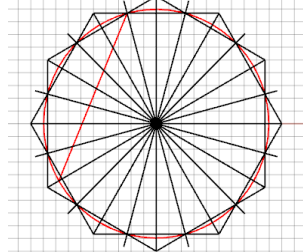
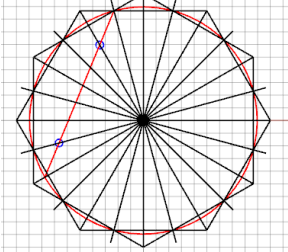
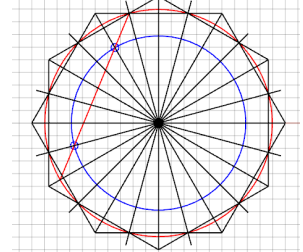
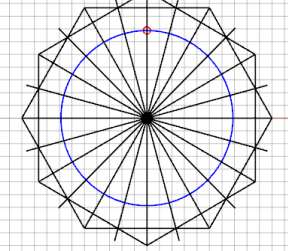
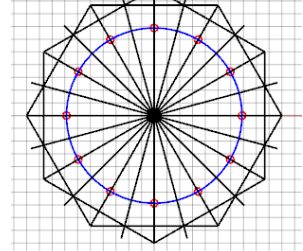
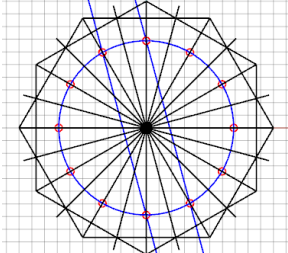
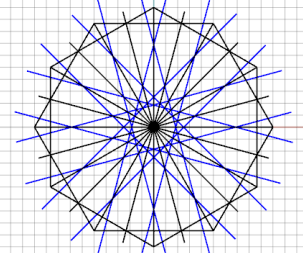


Рис. 2. Звездчатая розетка\*

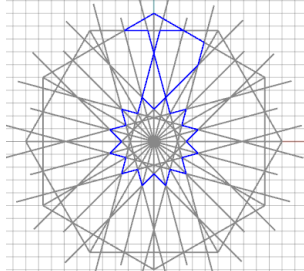
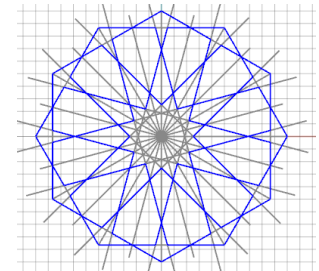
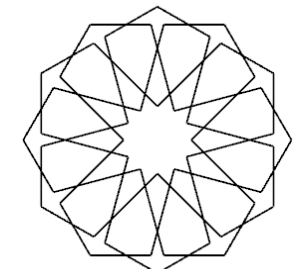
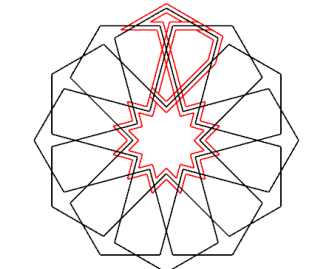
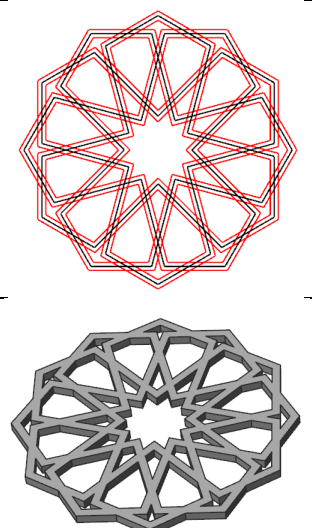
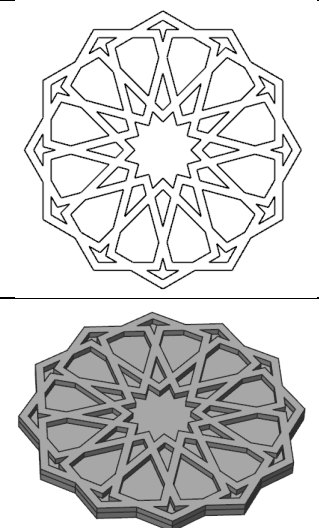
\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

Таблица

**Построение розетки в программе 3D-моделирования  
(на примере программы *Rhinceros*)**

Этап построения	Иллюстрации	
<p>1. Построить шестиугольник. Скопировать его и повернуть на 30°</p>		
<p>2. Провести отрезок из центральной точки до вершины шестиугольника. Дублировать 24 раза (<i>Array Polar</i>)</p>		
<p>3. Построить окружность через точки пересечения шестиугольников. Провести отрезок, как на рисунке</p>		
<p>4. Выделить необходимые точки. Провести через них окружность</p>		
<p>5. Удалить ненужные линии. Выделить точку пересечения прямой и окружности. Дублировать 12 раз (<i>Array polar</i>)</p>		
<p>6. Провести две параллельные прямые через точки, как на рисунке. Лишние линии удалить. Дублировать параллельные линии 12 раз (<i>Array polar</i>)</p>		

Окончание табл.

Этап построения	Иллюстрации	
7. С помощью отрезков обвести фигуру: стрела, кайт, лепесток, звезда. Дублировать стрелу, лепесток, кайт двенадцать раз ( <i>Array Polar</i> )		
8. Придать линиям толщину и сформировать перегородки ( <i>Offset curve / both sides</i> ). Отложить контуры каждого элемента в обе стороны на расстояние, равное половине ширины перегородки. Дублировать 12 раз по кругу. Удалить ненужные линии ( <i>Trim</i> ). В данном случае для элемента диаметром 20 мм используется ширина перегородки 0,6 мм		
9. Построить модель изделия для перегородчатого или витражного эмалирования ( <i>Extrude</i> )		

Геометрические розетки можно заполнять различными комбинациями гармонично сочетающихся между собой цветов. Изделие может покрываться как одним цветом, так и комбинацией из 2–4 цветов. Каждый ярус данного орнамента можно заполнять одним цветом или использовать чередование из 2–3 цветов. Цветовая палитра используемых эмалей должна гармонично сочетаться с цветом металлической основы (рис. 3).

Чтобы из двенадцатикратной звезды получить бесконечный орнамент, необходимо привести ее к форме шестиугольника, для этого нужно удалить стрелы через одну (рис. 4). Бесконечный орнамент можно использовать на больших или длинных поверхностях (браслеты, кольца, колье, крупные серьги).

Из бесконечного орнамента можно получить множество декоративных элементов разной формы и сложности (рис. 5). С помощью подоб-

ных орнаментальных композиций можно существенно расширить ассортимент ювелирной продукции с эмалью.

Рассмотренный в статье конкретный геометрический орнамент дает дизайнеру возможность получить множество уникальных изделий, используя лишь один правильно выстроенный орнаментальный модуль. Изделия получаются симметричными, математически выверенными, с гармоничными пропорциями. Замкнутые ячейки геометрической формы дают возможность использовать этот орнамент в техниках перегородчатого и витражного эмалирования (рис. 6).

Таким образом, методика использования определенных геометрических орнаментов для последующего воплощения их с помощью современных технологий 3D-моделирования и прототипирования обладает широчайшим потенциалом для ювелирного производства. Пред-

ложенный метод позволяет существенно расширить возможности дизайна ювелирных изделий, выполненных в техниках перегородчатого и витражного эмалирования. Многообразие орнаментальных модулей, позволяющих создавать декоративные композиции разной формы

и сложности, а также комбинирование различных форм и цветовых сочетаний дает дизайнерам бесконечное количество новых идей ювелирного дизайна. А узнаваемость орнамента сделает изделия востребованными по всему миру.

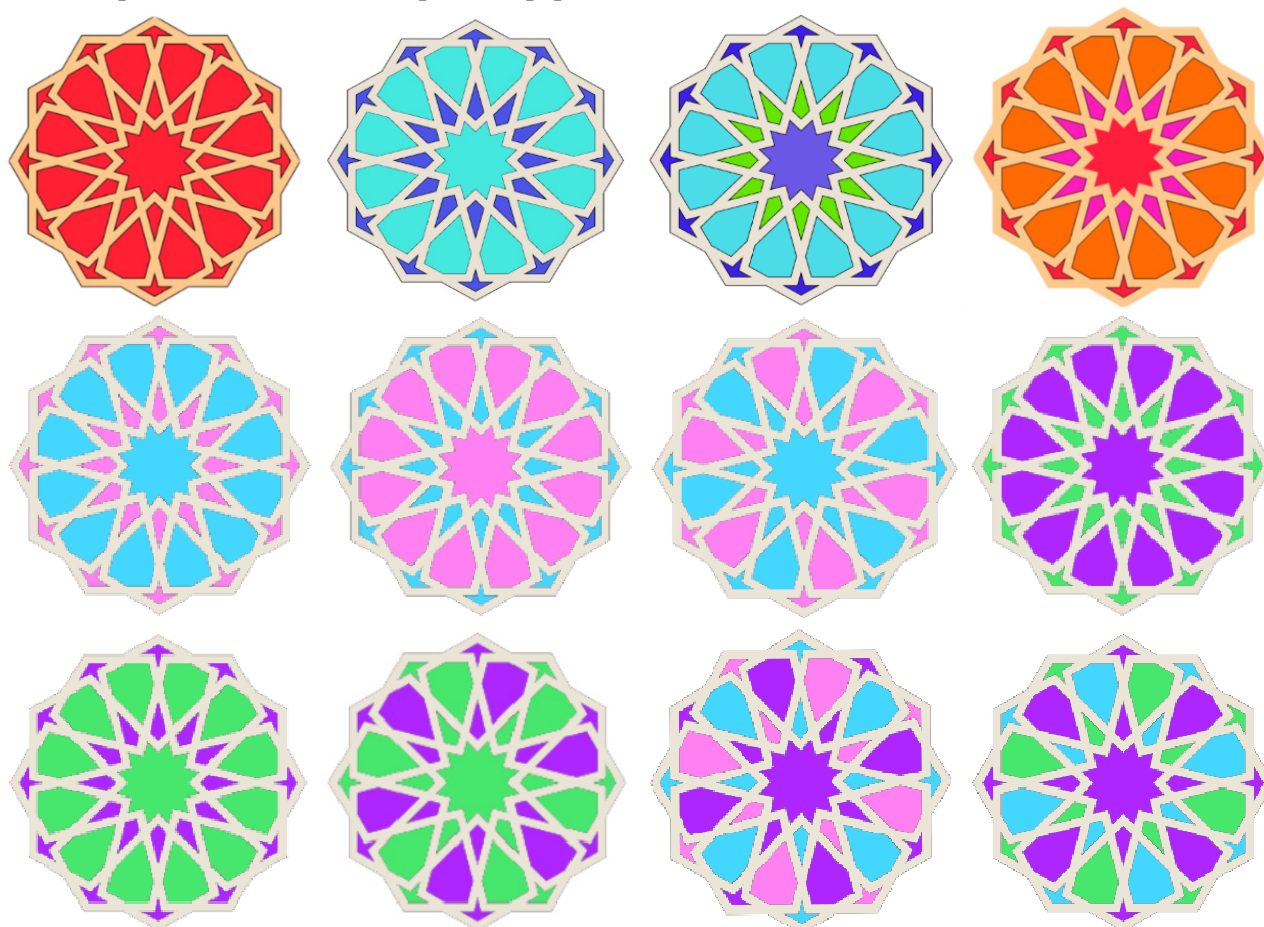


Рис. 3. Варианты цветового заполнения орнамента\*

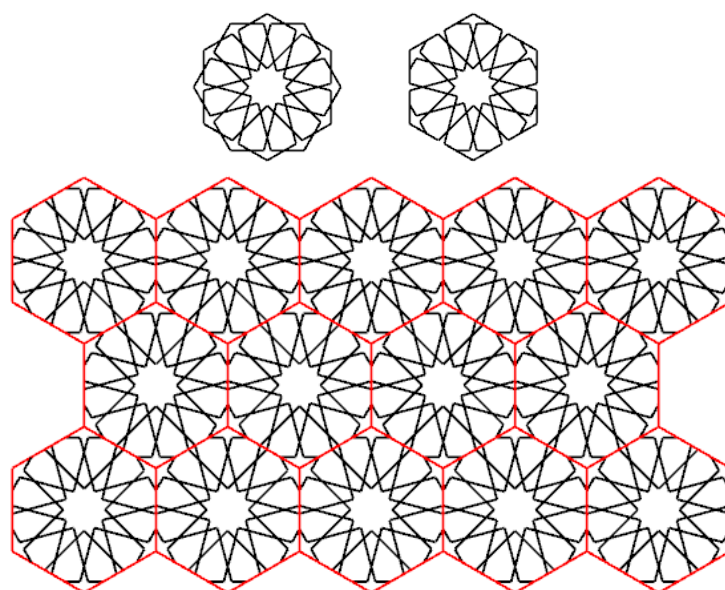


Рис. 4. Бесконечный орнамент из двенадцатикратной звезды

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

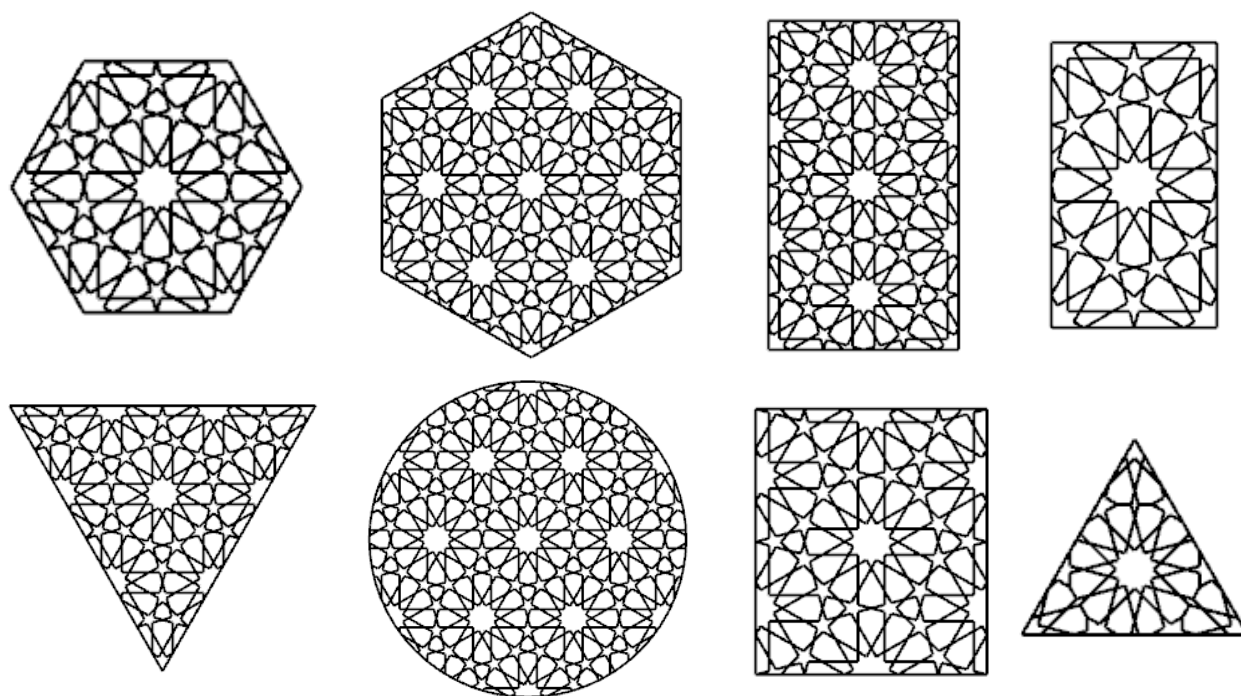


Рис. 5. Декоративные элементы разной формы и сложности



Рис. 6. Проект ювелирного гарнитура с геометрическим орнаментом\*

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедева Т. В., Проничев И. Л. Технология художественного эмалирования : учебное пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. 64 с.
2. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные эффекты при горячем эмалировании : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2016. 98 с.
3. Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В., Галанин С. И. Получение светочувствительных холодных эмалей на основе эпоксидных смол // Дизайн. Теория и практика. 2016. Вып. 25. С. 25–36.
4. Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В., Галанин С. И. Двухкомпонентные холодные перегородчатые и выемчатые эмали: исследование брака // Технологии и качество. 2019. № 4 (46). С. 25–30.
5. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декорирование финифтяных вставок эмалевой зернью // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 62–67.
6. Гирих орнамент // Арт-проект творческого коллектива Zen Designer : информационный сайт. URL: <http://zen-designer.ru/need/450-girih> (дата обращения: 01.06.2021).
7. Drawing a Stellated Twelffold Islamic Geometric Rosette // YouTube : видеохостинг. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=OK3TRZl\\_wKI](https://www.youtube.com/watch?v=OK3TRZl_wKI) (дата обращения: 01.06.2021).

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

## REFERENCES

1. Lebedeva T. B., Pronichev I. L. Technology of artistic enameling: textbook. Kostroma, Kostroma State Technological University, 2010. 64 p. (In Russ.)
2. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative effects in hot enameling: monograph. Kostroma, Kostroma State University, 2016. 98 p. (In Russ.)
3. Muzykantova M. E., Lebedeva T. V., Galanin S. I. Production of photosensitive cold enamels based on epoxy resins. *Dizayn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2016;25:25–36. (In Russ.)
4. Muzykantova M. E., Lebedeva T. V., Galanin S. I. Two-component cold cloisonne and champleve enamels: study of defects. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2019;4(46):25–30. (In Russ.)
5. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorating finift inserts with enamel grain. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2021;2(52):62–67. (In Russ.)
6. Girikh ornament. Art project of the Zen Designer creative team: information site. URL: <http://zen-designer.ru/need/450-girih> (Accessed 01.06.2021).
7. Drawing a Stellated Twelfefold Islamic Geometric Rosette. YouTube: video hosting. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=OK3TRZI\\_wKI](https://www.youtube.com/watch?v=OK3TRZI_wKI) (Accessed 01.06.2021).

Статья поступила в редакцию 27.06.2021  
Принята к публикации 18.08.2021

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Направляемый в редакцию материал должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других изданиях.

Материалы следует представлять в редакцию по электронной почте: e-mail: tik@ksu.edu.ru (для Смирновой Светланы Геннадьевны).

Убедительная просьба соблюдать нижеприведенные требования и порядок построения статьи, от этого зависит срок ее опубликования!

1. Электронный вариант статьи выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word (\*.doc, \*.docx, \*.rtf). В качестве имени файла указывается фамилия, имя и отчество автора русскими буквами (например: Иванов Иван Иванович.doc). Также необходимо приложить файл статьи в формате \*.pdf.
2. Все статьи проходят проверку на обнаружение текстовых заимствований в системе «Антиплагиат». Редакция принимает статьи, оригинальность которых составляет не менее 80 %. При проверке используется сайт: <http://www.antiplagiat.ru>.
3. Компьютерный набор статьи должен удовлетворять следующим требованиям: формат – А4; поля – по 2,5 см со всех сторон; гарнитура (шрифт) – Times New Roman; кегль – 14; межстрочный интервал – 1,5; абзацный отступ – 1,25 см.
4. Максимальный объем текста статьи с аннотацией, ключевыми словами, библиографическим списком и переводами – не более 14 страниц машинописного текста.
5. Аннотация к статье должна быть объемом 70–120 слов. Количество ключевых слов – от 7 до 10.
6. ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова должны быть переведены на английский язык.
7. Информация о финансировании (ссылки на гранты и пр.) указывается в круглых скобках сразу после названия статьи на русском языке.
8. Список источников оформляется по ГОСТ Р 7.05–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» и формируется в порядке упоминания. Ссылки в тексте статьи оформляются квадратными скобками с указанием номера издания по списку источников [5]. Если в тексте дается прямое цитирование, то в отсылке после номера источника указывают номер страницы, на которой содержится цитируемый фрагмент. Например: [1, с. 256], [2, т. 5, с. 25–26].
9. Единицы измерения приводятся в соответствии с Международной системой единиц (СИ).
10. Рисунки, схемы, диаграммы должны быть размещены в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретный рисунок, например (рис. 2). Схемы выполняются с использованием штриховой заливки или в оттенках серого цвета; все элементы схемы (текстовые блоки, стрелки, линии) должны быть сгруппированы. Каждый рисунок должен иметь порядковый номер, название и объяснение значений всех кривых, цифр, букв и прочих условных обозначений. Электронную версию рисунка следует сохранять в форматах jpg, tif (Grayscale – оттенки серого, разрешение – не менее 300 dpi).
11. Таблицы. Каждую таблицу следует снабжать порядковым номером и заголовком. Таблицы должны быть предоставлены в текстовом редакторе Microsoft Word, располагаться в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретную таблицу, например (табл. 2). Структура таблицы должна быть ясной и четкой, каждое значение должно находиться в отдельной строке (ячейке таблицы). Все графы в таблицах должны быть озаглавлены. Одновременное использование таблиц и графиков (рисунков) для изложения одних и тех же результатов не допускается. В таблицах возможно использование меньшего кегля, но не менее 10.
12. Формулы выполняются только в редакторе MS Equation 3.0.
13. Десятичные дроби имеют в виде разделительного знака запятую (0,78), а при перечислении десятичных дробей каждая из них отделяется от другой точкой с запятой (0,12; 0,087).



## Построение статьи

Порядок размещения материала должен соответствовать представленному ниже списку.

1. Тип статьи (научная статья, обзорная статья, дискуссионная статья, краткое сообщение)
2. Индекс УДК.
3. DOI (окончательно ставится в редакции).
4. Имя, отчество, фамилия автора (полностью).
5. Полное название организации, город, страна (в именительном падеже) – место работы или учебы автора.
6. Адрес электронной почты каждого автора (без слов e-mail).
7. Открытый идентификатор каждого автора (ORCID).
8. Почтовый адрес с индексом (для последующей отправки журнала) и контактный телефон.
9. Название статьи (сокращения в названии недопустимы).
10. Ссылка на грант или источник финансирования – если есть.
11. Аннотация (70–120 слов).
12. Ключевые слова (7–10 слов или словосочетаний, несущих в тексте основную смысловую нагрузку).
13. Тип статьи, ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.
14. Текст статьи.
15. Список источников (формируется в порядке упоминания, нумеруется).
16. References.

## Правила составления аннотации к научной статье

Аннотация к научной статье представляет собой краткую характеристику текста с точки зрения его назначения, содержания, вида, формы и других особенностей. Она передает главную, ключевую, идею текста до ознакомления с его полным содержанием. Научная аннотация условно делится на три части:

- I. Презентация вопроса или проблемы, которым посвящена статья.
- II. Описание хода исследования.
- III. Выводы: итоги, которых удалось достичь в результате проведенного исследования.

В аннотации не допускается привлечение дополнительной информации (биографические данные, историческая справка, отступления, рассуждения и т. д.). В тексте аннотации не должны использоваться очень сложные предложения, изложение строится в научном стиле.

Фразы, рекомендуемые для написания аннотации к научной статье:

- В данной статье рассматривается проблема...
- Обосновывается идея о том, что...
- В статье затрагивается тема...
- Дается сравнение...
- Статья посвящена комплексному исследованию...
- В статье раскрываются проблемы...
- Особое внимание в статье уделено...
- В статье анализируется...
- Автор приходит к выводу, что...
- Основное внимание в работе автор акцентирует на...
- Выделяются и описываются характерные особенности...
- Статья посвящена актуальной проблеме...
- В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, в научный оборот вводятся...
- Предложенный подход будет интересен специалистам в области...
- В статье речь идет о...
- Статья посвящена детальному анализу...
- Статья раскрывает содержание понятия...
- Обобщается практический опыт...
- В статье исследуются характерные признаки...
- Автор дает обобщенную характеристику...

- В статье проанализированы концепции...
- В статье приведен анализ взглядов исследователей...
- В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины...
- Автор стремится проследить процесс...
- В статье дан анализ научных изысканий...

### Пример оформления статьи

Научная статья

УДК 689

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39

**Сергей Ильич Галанин**

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

sgalanin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

### ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КАМНЕЙ И ОРГАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** В статье рассмотрены особенности использования камней и органогенных образований, подвергнутых обработке различной степени, в разнообразных ювелирно-художественных изделиях. Показано, что в зависимости от вида минерального сырья или органогенного образования (жемчуг, раковины) используются различная глубина и методы его обработки. Проведена первичная систематизация сырья по степени его обработки. На примерах барочного жемчуга, друз, гемм, огранённых самоцветов и резных камней показано, что свойства и размеры самоцветов определяют композиционные решения по применению их в украшениях. Показано, что вставки, обладающие уникальными свойствами, всегда занимают место в центре композиции украшения, а различная глубина их обработки позволяет выявить и подчеркнуть их уникальность. Приведены примеры исторических и современных ювелирных изделий с различными уникальными вставками.*

***Ключевые слова:** ювелирно-художественные изделия, обработка камней и органогенных образований, степень и глубина обработки, композиционные решения ювелирных изделий, ювелирные вставки, свойства ювелирных вставок, огранка*

Original article

**Sergey I. Galanin**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

### FEATURES OF PROCESSING OF STONES AND ORGANOGENIC FORMATIONS FOR JEWELRY AND ART PRODUCTS

***Abstract.** The article deals with the features of the use of stones and organogenic formations subjected to various degrees of processing in various jewelry and art products. Using examples of baroque pearls, druzas, gems, cut gems and carved stones, it is shown that the properties and sizes of gems determine compositional solutions for their use in jewelry. It is shown in various jeweller-artistic wares, that depending on the type of mineral raw material or organogenic formations (pearls, shells) a different depth and methods of his treatment are used. Primary systematization of raw material is conducted on the degree of his treatment. It is shown that inserts with unique properties always occupy a place in the center of the decoration composition, and the different depth of their processing allows you to identify and emphasize their uniqueness. Examples of historical and modern jewelries are made with different unique insertions.*

***Keywords:** fine art jewellery, processing of gems and organogenic formations, degree and depth of processing, composite solutions of jewellery, jewellery inserts, properties of jewellery inserts, cut*

Текст статьи...

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

### REFERENCES

---

© Галанин С. И., 2021

## Примеры оформления библиографических ссылок на источники цитирования

### *Моноиздания*

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия автора, инициалы. Название издания / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Количество страниц.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

### *Например:*

Дементьева А. Г., Соколова М. И. Управление персоналом : учебник. М. : Магистр, 2008. 287 с.

Природопользование и среда обитания. Системный подход : монография / С. И. Кожурин [и др.] ; под общ. ред. Р. М. Мифтахова. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2005. 102 с.

### *Многотомное издание*

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет.

### *Например:*

Гоголь Н. В. Полн. собр. соч. : в 14 т. М. : Изд-во АН СССР, 1937–1952.

Если в библиографическом списке вы указываете многотомное издание, в тексте статьи в квадратных скобках необходимо приводить не только порядковый номер источника в списке и страницы, но и том: [4, т. 9, с. 324].

### *Один том из многотомного издания*

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания: Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Том (Часть). – Количество страниц.

### *Например:*

Блонский П. П. Избранные психологические и педагогические произведения : в 2 т. М. : Педагогика, 1979. Т. 2. 399 с.

### *Сборники*

Название сборника : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Место издания : Издательство, год выхода в свет. – Количество страниц.

### *Например:*

Методологические проблемы современной науки / сост. А. Т. Москаленко ; ред. А. И. Иванов. М. : Политиздат, 1979. 295 с.

### *Статьи из сборников*

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название сборника статей : вид издания / сведения об ответственности, включающие наименование организации ; сведения о составителях и т. п. – Место издания, год издания. – Страницы начала и конца статьи.

### *Например:*

Киселев М. В., Зайков К. В. Моделирование однослойных тканых структур технического назначения // Инновационное развитие легкой промышленности : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. молодых специалистов и ученых, 16–18 ноября 2016 г. / М-во образования и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. С. 51–54.

*Статьи из журналов*

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название журнала. – Год издания. – Номер тома (если есть). – Номер выпуска. – Страницы начала и конца статьи.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

*Например:*

Безъязычный В. Ф., Михайлов С. В. Кинематический анализ формирования сливной стружки // Вестник машиностроения. 2003. № 11. С. 48–50.

Исследование химического состава волокон льна различных селекционных сортов / А. Н. Иванов, Н. Н. Чернова, А. А. Гурусова, Т. В. Ремизова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1986. № 1. С. 19–21.

*Статьи из газет*

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название газеты. – Год издания. – Номер или дата выпуска.

*Например:*

Райцын Н. С. В окопах торговых войн // Деловой мир. 1993. 7 окт.

*Справочные издания, энциклопедии, словари*

Название : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Номер переиздания (если есть). – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Прядение льна и химических волокон : справочник / под ред. Л. Б. Карякина и Л. Н. Гинзбурга. М. : Легпромбытиздат, 1991. 544 с.

*Статьи из энциклопедий, словарей*

Фамилия и инициалы автора. Название главы, статьи (или другой составной части издания) // Название издания / сведения о составителях и т. п. – Место издания : Издательство, год издания. – Том (если есть). – Страницы начала и конца главы, статьи.

*Например:*

Дойников А. С. Цветовая температура // Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Большая российская энциклопедия, 1999. Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость. С. 691–692.

*Диссертации*

Фамилия и инициалы автора. Название диссертации : дис. ... канд. (д-ра) отрасли науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Киселева М. В. Моделирование гибкости и прочности льняного волокна для прогнозирования его прядильной способности : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2002. 267 с.

*Авторефераты диссертаций*

Фамилия и инициалы автора. Название автореферата диссертации : автореф. дис. ... канд. (д-ра) отрасли науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

Сюй Цзэпин. Воздействие интенсивного излучения мягкого рентгеновского диапазона на полимер : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 2002. 16 с.

*Патентные документы*

Патент (заявка, авторское свидетельство), № документа, страна. Название патента : № заявки : сведения о дате заявки : сведения о дате опубликования / Автор. – Количество страниц.

*Например:*

Патент РФ № 164083 Российская Федерация, С21D 1/00. Устройство электролитного нагрева металлических изделий : № 2015152006/02 : заявл. 03.12.2015 : опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23 / Белкин П. Н., Кусманов С. А., Смирнов А. А. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной университет имени Н. А. Некрасова». 2 с.

А. с. СССР 870486, МКИ С23с 9/00. Способ химико-термической обработки изделий из металлов и сплавов : № 28753449 : заявл. 28.01.80 : опубл. 07.10.81, Бюл. № 37 / А. К. Товарков, В. Н. Дураджи ; заявитель и патентообладатель Институт прикладной физики АН Молдавской ССР. 2 с.

*Стандарты*

ГОСТ XXXX–год. Название. – Дата введения. – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

*Например:*

ГОСТ 6309–93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия. – Введ. 1996–01–01. М. : Изд-во стандартов, 1995. 24 с.

*Материалы из сети Интернет*

Автор. Название материала (учебника, статьи и т. п.) : вид издания. – URL: электронный адрес сетевого ресурса (http) (сведения о дате обращения: число, месяц, год).

*Например:*

Сергеев Е. Ю. Вспомогательные (прикладные) дисциплины. Фотодело : учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. ун-т сервиса и экономики, 2010. URL: <https://www.litres.ru/sergeev-evgeniy-urevich/vspomogatelnye-prikladnye-discipliny-fotodelo> (дата обращения: 05.09.2017).

Рудовский П. Н., Соркин А. П., Смирнова С. Г. Проблемы технологии формирования ровницы для получения пряжи пониженной линейной прочности из льна // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2010. № 2. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2010-2-6.pdf> (дата обращения: 02.10.2017).

Приказ Минфина РФ от 30.03.2001 № 26н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету „Учет основных средств“» ПБУ 6/01» : в ред. от 27.11.2006 // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2017).

Концепция национальной безопасности РФ : утв. Указом Президента РФ от 17 декабря 1997 г. № 1300 : в ред. Указа Президента РФ от 10 января 2000 г. № 24. URL: [http://oficery.ru/2008/01/31/jncsercija\\_nacionalnoj\\_bezopasnosti\\_rf.html](http://oficery.ru/2008/01/31/jncsercija_nacionalnoj_bezopasnosti_rf.html) (дата обращения: 02.10.2017).

Global Fund Management & Administration PLC : официальный сайт компании. URL: <http://www.globalfund.ru> (дата обращения: 8.09.2017).

Отрасль в цифрах // ИА REGNUM : официальный сайт. URL: [www.regnum.ru/news/777704.html](http://www.regnum.ru/news/777704.html) (дата обращения: 02.10.2017).

*Архивные материалы*

Основное заглавие документа // Название архивохранилища. – Номер фонда, описи, порядковый номер дела по описи и т. д. Название фонда (можно не указывать). – Местоположение объекта ссылки в документе (номера листов дела).

*Например:*

Фомин А. Г. Материалы по русской библиографии // РО ИРЛИ. Ф. 568. Оп. 1. Д. 1. Л. 212.

### Рекомендации по транслитерации

Перечень затекстовых библиографических ссылок на латинице (“References”) представляется согласно стилю оформления (Vancouver Style), принятому в редакции журнала.

К каждой библиографической записи необходимо найти верифицированный (используемый автором цитируемого источника) перевод названия статьи и названия журнала. Чаще всего перевод названия статьи, предложенный автором или редакторами журнала, можно найти на странице журнала в сети Интернет, или на странице журнала в РИНЦ на сайте <http://elibrary.ru>. Если такое название не удастся найти, но следует перевести название на английский язык самостоятельно, после такого перевода необходимо поставить звездочку\* и в конце списка оставить примечание: \*Перевод названия источника выполнен автором статьи / Translated by author of the article. Звездочка ставится после каждого названия, переведенного лично автором статьи. Если перевод названия был найден в верифицированных источниках, звездочку ставить не надо.

Транслитерация производится с помощью автоматического транслитератора, например, <http://translit-online.ru>. Важно использовать системы автоматического перевода кириллицы в романский алфавит; не делать транслитерацию вручную.

При подготовке раздела References транслитерируются:

- фамилия, инициалы автора (если нет автора, то транслитерируется ФИО редактора, которые берутся из сведений об ответственности, размещенных в русскоязычном описании за одной косой чертой);
- название журнала/сборника;
- название места издания;
- название издательства.

### Транслитерированные списки необходимо переработать с учетом следующих требований.

Все сведения об авторах статьи размещаются в начале библиографической записи (даже если авторов более трех). Перед инициалами в фамилиях запятая не ставится. Если в статье цитируется источник без авторства, то в начало библиографической записи выносятся данные о составителе издания или других лицах, упомянутых в сведениях об ответственности (с указанием роли в скобках после имени),

*например:* / ред. И. И. Иванов → Ivanov I. I. (ed.).

Разделительные знаки между полями:

- при описании книг: London, Taylor & Francis, 2006. 216 p.
- при описании статей: 2008;451(7177):397–399.

Знаки препинания (в том числе кавычки) должны использоваться по правилам английского языка (необходимо заменять кавычки «елочки» на “лапки”).

*Схема описания статьи:*

- авторы (транслитерация);
- перевод названия статьи на английский язык;
- название русскоязычного источника (транслитерация) курсивом;
- перевод названия источника на английский язык в квадратных скобках;
- выходные данные (только цифровые);
- указание на язык книги (In Russ.). Приводится только для русскоязычных источников.

*Например:*

Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D. V. Technical and economic optimization of hydrofracturing design. *Neftyanoe khozyaistvo* [Oil Industry]. 2008;11:54–57. (In Russ.)

*Схема описания книги в целом (монографии и т. п.):*

- авторы (транслитерация);
- перевод названия монографии на английский язык;

- выходные данные: место издания на английском языке, издательство на английском языке, если это организация (Moscow St. Univ. Publ.), и транслитерация, если издательство имеет собственное название с указанием на английском языке, что это издательство (Nauka Publ.);
- количество страниц в издании (500 p.);
- указание на язык книги (In Russ.).

*Например:*

Timoshenko S. P., Young D. H., Weaver W. Vibration problems in engineering. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p. (in Russ.)

Hindelang S., Krajewski M., eds. Shifting paradigms in international investment law: More balanced, less isolated, increasingly diversified. Oxford, Oxford University Press, 2015. 432 p.

---

Научное издание

**ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО**

**2021 – № 3(53)**

ОКТЯБРЬ

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**Учредитель и издатель:**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Костромской государственной университет»

**Главный редактор**

СМИРНОВА СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА  
кандидат технических наук, доцент

Издается с 1999 года

*Журнал зарегистрирован*

*Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-75262 от 7.03.2019 г.*

---

---

**16+**

---

---

Редактор	О. В. Тройченко
Компьютерная верстка	Н. И. Поповой
Перевод	С. А. Грозовского

Издательско-полиграфический отдел  
Костромского государственного университета

Подписано в печать 29.09.2021. Дата выхода в свет 28.10.2021. Формат бумаги 60×90 1/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 10,0. Заказ 165. Тираж 500.  
Цена свободная.

Адрес учредителя, издателя и редакции журнала:  
156005, Костромская обл., г. Кострома, ул. Дзержинского, 17  
tik@ksu.edu.ru

Отпечатано ИПО КГУ  
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17  
Т. 49-80-84. E-mail: rio@kstu.edu.ru

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны