

**КГУ**

Костромской  
государственный  
университет

ISSN 2587-6147

16+



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

3(69)  
2025



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

**2 0 2 5**

**№ 3(69)**

**СЕНТЯБРЬ**

# TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

**2 0 2 5**

**No 3(69)**

**SEPTEMBER**

**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:

2.6.16. Технология производства изделий текстильной

и легкой промышленности (технические науки),

5.10.3. Виды искусства. Техническая эстетика и дизайн (искусствоведение)

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор**  
СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА СМЕРНОВА  
кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет

**Заместитель главного редактора  
и ответственный секретарь**  
ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ РУДОВСКИЙ  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет  
АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХИН  
доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственный университет  
АРТЕМ РУФИМОВИЧ ДЕНИСОВ  
доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

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-Петербургский государственный  
университет промышленных технологий и дизайна

МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ  
доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет

АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ КРУГЛОВ  
кандидат технических наук, доцент,  
Ивановский государственный политехнический университет

АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХИН  
доктор технических наук, профессор,  
Ивановский государственный политехнический университет

НАТАЛЬЯ ДМИТРИЕВНА ОЛТАРЖЕВСКАЯ  
доктор технических наук, профессор,  
ООО «Колитекс», г. Москва

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

ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственный университет

ЕВГЕНИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СУРЖЕНКО  
доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна

ЮРИЙ СТЕПАНОВИЧ ШУСТОВ  
доктор технических наук, профессор, Российский  
государственный университет им. А. Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)

**Зарубежные члены редакционной коллегии**  
ВЕЙЛИН СЮ

профессор, Уханьский текстильный университет  
(Китайская Народная Республика)

САЛОХИДДИН ЗУНУНОВИЧ ЮНУСОВ  
доктор технических наук, профессор,  
Ташкентский государственный транспортный университет  
(Республика Узбекистан)

НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА ЯСИНСКАЯ  
доктор технических наук, профессор  
Витебский государственный технологический университет  
(Республика Беларусь)

#### EDITORIAL BOARD STAFF:

**Editor-in-chief**  
SVETLANA GENNADIEVNA SMIRNOVA  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

**Deputy Editor-in-Chief  
and executive Secretary**  
PAVEL NIKOLAEVICH RUDOVSKY  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

SERGEY ILICH GALANIN  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University  
ALEXANDER PAVLOVICH GRECHUKHIN  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

ARTEM RUFIMOVICH DENISOV  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg  
Electrotechnical University  
LYUDMILA YURIEVNA KIPRINA  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

ZHANNA YURIEVNA KOYTOVA  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State University  
of Industrial Technologies and Design  
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

ANDREY VLADIMIROVICH KRUGLOV  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Ivanovo State Polytechnic University

ALEKSEY YURIEVICH MATROHIN  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Ivanovo State Polytechnic University

NATALIA DMITRIEVNA OLTARZHEVSKAYA  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kolitex LLC, Moscow

SERGEY VLADIMIROVICH PALOCHKIN  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Bauman Moscow State Technical University  
GALINA GEORGIYEVNA SOKOVA  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

EVGENIY YAKOVLEVICH SURZHENKO  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint-Petersburg State University  
of Industrial Technologies and Design  
YURIY STEPANOVICH SHUSTOV  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kosygin State University of Russia  
(Technologies. Design. Art)

**Foreign members of the Editorial Board**  
WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University  
(China)

SALOHIDDIN ZUNUNOVICH YUNUSOV  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Tashkent State Transport University  
(Republic of Uzbekistan)

NATALIA NIKOLAEVNA YASINSKAYA  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
Vitebsk State Technological University  
(Republic of Belarus)

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю.,  
Тимченко В. А.**

Оценка влияния параметров меховых полотен  
из овчинного полуфабриката  
на их драпируемость ..... 5

**Фарух М. А.**

Анализ подходов  
к моделированию структуры ткани  
для проектирования тканых гибких преград  
для средств индивидуальной бронезащиты ..... 12

**Чагина Л. Л., Рогова К. И.,  
Самохвалова А. Г., Шипова Н. С.**

Разработка концептуальной модели  
проектирования инклюзивной одежды  
для людей с ограниченными возможностями  
здоровья с учетом специфики предъявляемых  
требований ..... 20

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Панин М. И.**

О пористости армирующих структур  
конструкционных композиционных  
материалов, формируемых намотками нитей  
на оправки ..... 27

**Фарух М. А., Киселев М. В.**

Концепция проектирования тканых гибких  
преград для средств индивидуальной  
бронезащиты ..... 33

**Щепочкина Ю. А.**

Пути совершенствования спецодежды  
и других средств индивидуальной защиты ..... 38

**Тарасов С. Д.**

Математическая и программная модель  
адаптивной методики  
размещения деталей обуви  
с учетом контура и топографии кожи ..... 44

**Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н.,  
Палочкин С. В.**

Совершенствование алгоритма  
построения траекторий укладки  
нитей армирующего наполнителя ..... 51

## CONTENTS

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

**Borisova E. N., Koytova Zh. Yu.,  
Timchenko V. A.**

Evaluation of influence of parameters  
of sheepskin semi-finished sheets  
on their drapability ..... 5

**Farukh M. A.**

Analysis of approaches  
to modeling fabric structure  
for designing woven flexible barriers  
for personal armour protection ..... 12

**Chagina L. L., Rogova K. I.,  
Samokhvalova A. G., Shipova N. S.**

Development of a conceptual model  
for designing inclusive clothing  
for people with disabilities taking  
into account the specificity  
of the requirements ..... 20

### TECHNOLOGY OF TEXTILE PRODUCTS AND LIGHT INDUSTRY

**Panin M. I.**

On the porosity of reinforcing structures  
of structural composite materials  
formed by winding threads  
on mandrels ..... 27

**Farukh M. A., Kiselev M. V.**

Design concept  
of woven flexible barriers  
for personal armour protection means ..... 33

**Shchepochkina Ju. A.**

Ways to improve workwear  
and other personal protective equipment ..... 38

**Tarasov S. D.**

Mathematical and software model  
of the adaptive method  
of placing shoe parts taking into account  
the contour and topography of the leather ..... 44

**Strunkina K. Yu., Rudovsky P. N.,  
Palochkin S. V.**

Improvement of the algorithm  
for constructing trajectories  
for laying reinforcing filler threads ..... 51

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ****Филенко Ц. С.**

Использование нейросетей  
в устойчивом дизайне рекламы:  
анализ современных российских кейсов .....59

**ДИЗАЙН****Саданова В. Н., Драгунова Е. П.,  
Авраменко А. Е.**

Градиент как средство работы с цветом  
в процессе дизайн-проектирования  
художественных изделий .....66

**Сильянов А. О., Галанин С. И.**

Влияние свойств драгоценных сплавов  
на дизайн литых ювелирных изделий .....72

**Лебедева Т. В., Галанин С. И.,  
Романовская В. С.**

Использование отходов  
эмалевого производства  
для декоративного эмалирования .....76

**ТРЕБОВАНИЯ****К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ .....89****INFORMATION TECHNOLOGIES****Filenko Ts. S.**

The use of neuro-networks  
in sustainable advertising design:  
an analysis of modern Russian cases .....59

**DESIGN****Sadanova V. N., Dragunova E. P.,  
Avramenko A. E.**

Gradient as means  
of working with colour when designing  
artistic goods .....66

**Silyanov A. O., Galanin S. I.**

Influence of precious alloys' properties  
on the design of cast jewellery .....72

**Lebedeva T. V., Galanin S. I.,  
Romanovskaya V. S.**

Use of enamel  
production waste  
for decorative enamelling .....76

**REQUIREMENTS****TO REGISTRATION OF ARTICLE .....89**

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 675.6.025.6

EDN TUCCIO

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-5-11>

Елена Николаевна Борисова<sup>1</sup>

Жанна Юрьевна Койтова<sup>2</sup>

Вера Александровна Тимченко<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup> [borisoffa@mail.ru](mailto:borisoffa@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5898-4474>

<sup>2</sup> [koytovaju@mail.ru](mailto:koytovaju@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1637-0906>

<sup>3</sup> [tva.reg44@mail.ru](mailto:tva.reg44@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0005-0464-6591>

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХОВЫХ ПОЛОТЕН ИЗ ОВЧИННОГО ПОЛУФАБРИКАТА НА ИХ ДРАПИРУЕМОСТЬ

**Аннотация.** Область использования меховых полотен значительно расширяется благодаря их высоким эстетическим свойствам, возможности изготовления из различных видов меха, в том числе из овчинного полуфабриката, и возможности регулирования показателей качества. В статье рассматривается вопрос влияния параметров мехового полотна на его свойства, а именно драпируемость. Для оценки драпируемости использован «метод угла», где в качестве количественного показателя используется коэффициент драпируемости  $K_{др}$ . Установлено, что на драпируемость меховых полотен из овчинного полуфабриката оказывает влияние в большей степени такой параметр, как шаг настрочивания меховой нити, в меньшей степени – свойства материала-подложки. Создание меховых полотен из овчинного полуфабриката с низким показателем драпируемости позволяет расширить область его использования.

**Ключевые слова:** овчинный полуфабрикат, меховые полотна, драпируемость, параметры мехового полотна, шаг настрочивания, коэффициент драпируемости, метод угла

**Для цитирования.** Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю., Тимченко В. А. Оценка влияния параметров меховых полотен из овчинного полуфабриката на их драпируемость // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 5–11. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-5-11>.

Original article

Elena N. Borisova<sup>1</sup>

Zh. Yu. Koytova<sup>2</sup>

Vera A. Timchenko<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia

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

## EVALUATION OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF SHEEPSKIN SEMI-FINISHED SHEETS ON THEIR DRAPABILITY

**Abstract.** The field of use of sheepskin fabrics significantly expands nowadays due to their high aesthetic properties, the possibility of their manufacture from various types of fur, including semi-finished sheepskin, and the possibility of regulating quality indicators. The article discusses the influence of the parameters of the fur fa-

*bric on its properties, namely drapability. To assess drapery, the “angle technique” was used, where the drapery coefficient,  $K_{dr}$ , is used as a quantitative indicator. It is established that the drapability of fur fabrics made from sheepskin semi-finished products is largely influenced by the step of stitching the fur thread, and to a lesser extent, by the properties of the substrate material. Creating fur fabrics from sheepskin semi-finished products with a low drapability index allows improving this index and expanding its application.*

**Keywords:** *sheepskin semi-finished product, fur fabrics, drapability, fur fabric parameters, stitching step, drapability coefficient, angle technique*

**For citation:** Borisova E. N., Koystova Zh. Yu., Timchenko V. A. Evaluation of the influence of parameters of sheepskin semi-finished sheets on their drapability. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 5–11. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-5-11>.

Овчина как материал для изготовления одежды всегда привлекает внимание дизайнеров. Овчина благодаря использованию новых технологий выделки может быть очень пластичным материалом [1–3], а использование новых видов отделки позволяет получить значительное видовое многообразие за счет окрашивания в разнообразные цвета, нанесения принта и других способов декорирования [2, 4, 5]. Поэтому в последнее время шубы из овчинного полуфабриката пользуются особым спросом за счет воплощения в этой одежде самых необычных стилистических решений. Наряду с использованием цельных шкур, для создания одежды дизайнеры все чаще обращают внимание на использование в своих коллекциях меховых полотен.

Меховые полотна могут быть изготовлены из различных видов меха, в том числе и из овчинного полуфабриката. Разработана классификация меховых полотен из овчинного полуфабриката [1] (рис. 1), которая позволяет получать разнообразные меховые полотна как по эстетическим показателям, так и по эксплуатационным. Создание меховых полотен из овчинного полуфабриката позволяет значительно расширить область его применения. Особенно это актуально для овчинных полуфабрикатов российских производителей, для которых характерна повышенная жесткость, что значительно снижает их область использования.

Одним из эстетических показателей материалов для одежды является драпируемость. Для оценки данного показателя разработано множество методов и проведены исследования для различных текстильных материалов. Тогда как для меховых и пушно-меховых материалов данный термин впервые использован и проведена оценка по данному показателю в работах [6–9].

Практический интерес представляет изучение драпируемости меховых полотен из овчинного полуфабриката и оценка влияния параметров его на данный показатель.

Согласно разработанной классификации меховые полотна могут быть получены различными способами (см. рис. 1) [1]. В качестве объекта исследования были выбраны меховые полотна, созданные путем настрачивания меховых полосок (нитей) на ткань. Меховая нить изготавливалась из овчинного полуфабриката с низким показателем драпируемости ( $K_{др} = 49\%$ ) шириной 10 мм.

Целью исследования является оценка влияния параметров мехового полотна на драпируемость, а именно:

- материала подложки;
- шага настрачивания меховой нити (расстояние между строчками настрачивания меховых полотен) на тканевую подложку.

Для оценки драпируемости использовался разработанный метод – «метод угла» [8–10]. Данный метод разработан для оценки драпируемости меховых шкур, в качестве количественного параметра используется коэффициент драпируемости  $K_{др}$ , %. Для оценки группы драпируемости используется разработанная градация (табл. 1) [10].

Т а б л и ц а 1  
Градация по группам драпируемости

Значение $K_{др}$ , %	Группа драпируемости
$K_{др} < 43$	Очень низкая
$43 \leq K_{др} < 54$	Низкая
$54 \leq K_{др} < 64$	Средняя
$64 \leq K_{др} < 75$	Высокая
$75 \leq K_{др} \leq 100$	Очень высокая

Применение данного метода для оценки меховых полотен позволяет получить сопоставимые данные драпируемости мехового полуфабриката и мехового полотна, изготовленного из него.

Для оценки влияния вида материала подложки выбраны ткани с различными характеристиками (табл. 2).

Результаты оценки драпируемости меховых полотен, полученных путем настрачивания меховой нити на выбранные материалы с шириной шага 1,5 см, представлены на рисунке 2.

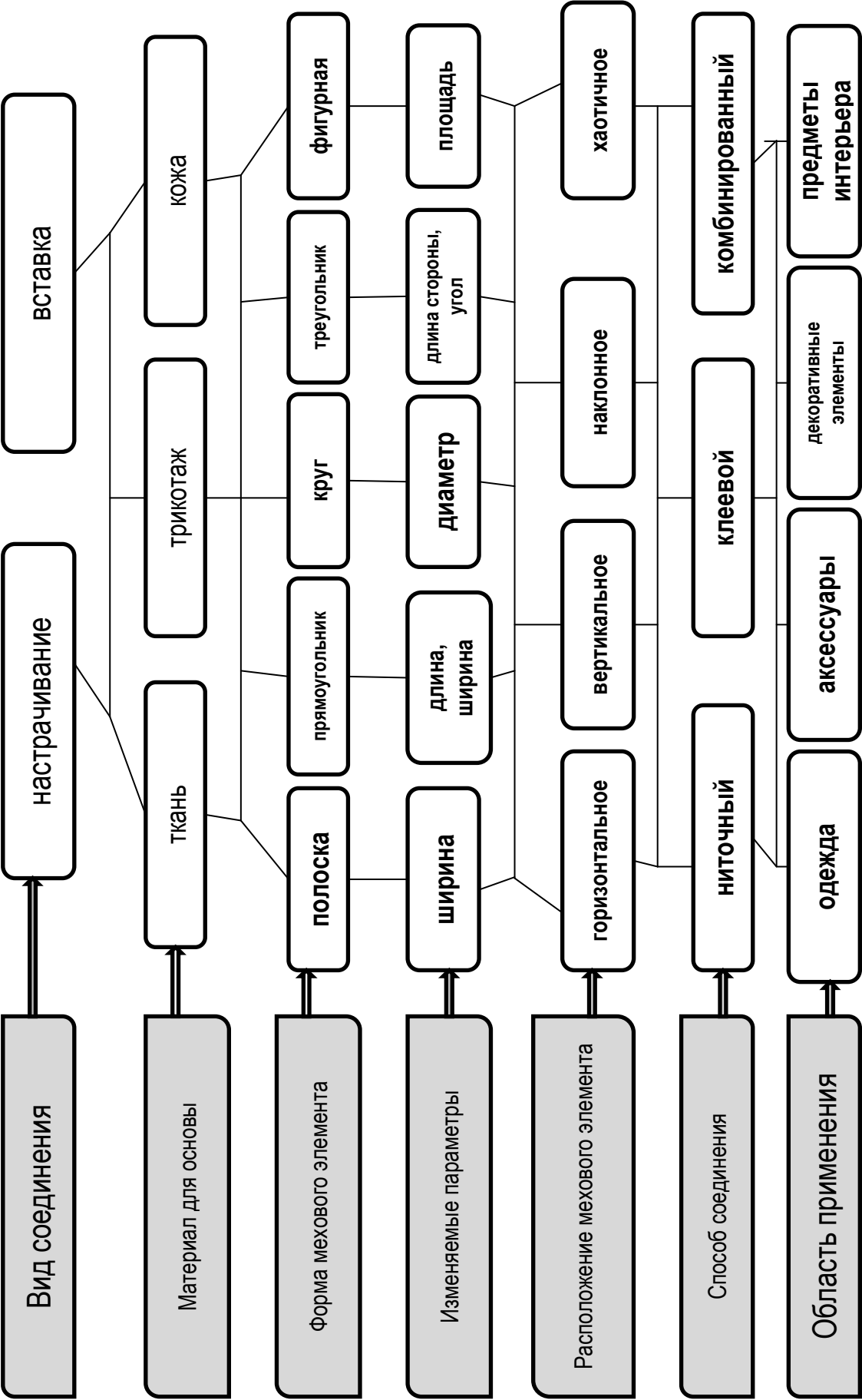


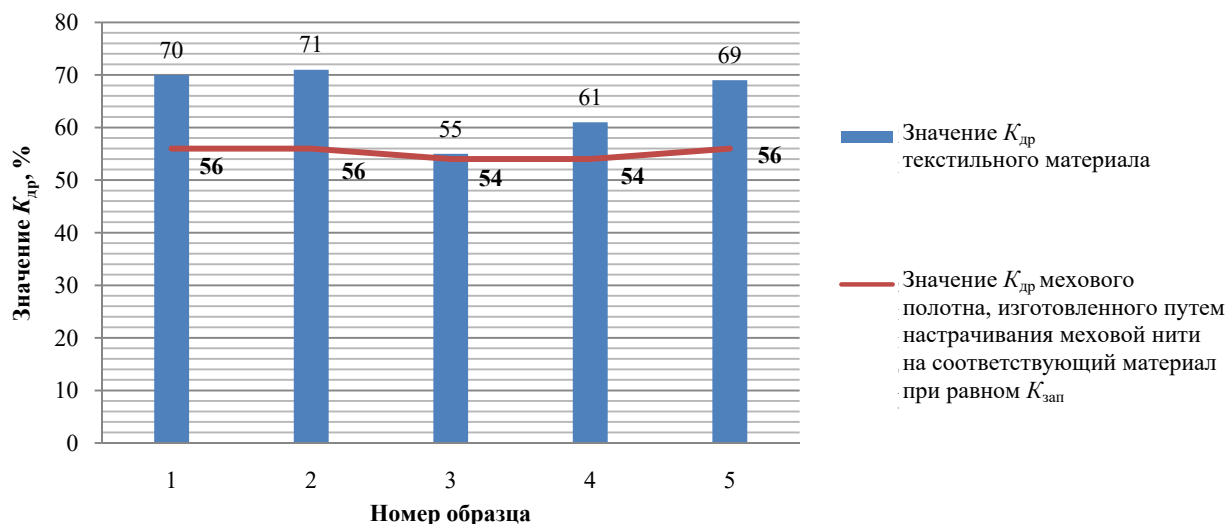
Рис. 1. Классификация меховых полотен из овчинного полуфабриката



Т а б л и ц а 2

Характеристика образцов тканей, используемых для создания меховых полотен

№ образца	Волокнистый состав образца	Поверхностная плотность образца, г/м <sup>2</sup>	Значение $K_{др}$ , %	Группа драпируемости
1	Вискоза	80	70	Высокая
2	Вискоза + ПЭФ	170	71	Высокая
3	ПЭФ	265	55	Средняя
4	Шерсть + ПЭФ	335	61	Средняя
5	Хлопок + ПЭФ	290	69	Высокая

Рис. 2. Значения  $K_{др}$  ткани и меховых полотен, полученных путем настрачивания меховой нити

Анализ полученных значений показывает, что у меховых полотен коэффициенты драпируемости имеют незначительные отклонения друг от друга ( $K_{др} = 54...56\%$ ) и меховые полотна относятся к средней группе драпируемости при том, что материалы подложки относятся к средней и высокой группам драпируемости. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что настрачивание меховой нити приводит к снижению драпируемости материала подложки, при этом драпируемость мехового полотна значительно выше драпируемости мехового полуфабриката, из которого изготовлена меховая нить.

Для оценки влияния шага настрачивания на драпируемость мехового полотна изготовлено 5 образцов с шагом настрачивания меховой нити 1,0–1,5–2,0–2,5–3,0 см при одинаковом виде ткани-подложки. Значения  $K_{др}$  полученных меховых полотен, а также изображение внешнего вида образца представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

Проведенные исследования показывают, что при увеличении шага настрачивания меховой нити на основу от минимального значения (1,0 мм) до 2,0 см фиксируется значительный рост коэффициента драпируемости мехового полотна. При дальнейшем увеличении шага настрачивания происходит сначала стабилизация

показателя драпируемости, а затем его снижение. Дальнейшее увеличение шага настрачивания не имеет смысла, поскольку полученное меховое полотно будет обладать низкими эстетическими свойствами из-за больших интервалов между меховыми нитями, которые не смогут быть перекрыты волосным покровом шкуры.

Таким образом, регулирование показателей драпируемости мехового полотна путем варьирования шага настрачивания меховой нити является более значимым в сравнении в выборе материала подложки.






С целью апробации полученных результатов изготовлены изделия различного ассортимента из меховых полотен из овчинного полуфабриката российского производства с низким показателем драпируемости с различной шириной настрачивания меховой нити (рис. 4).

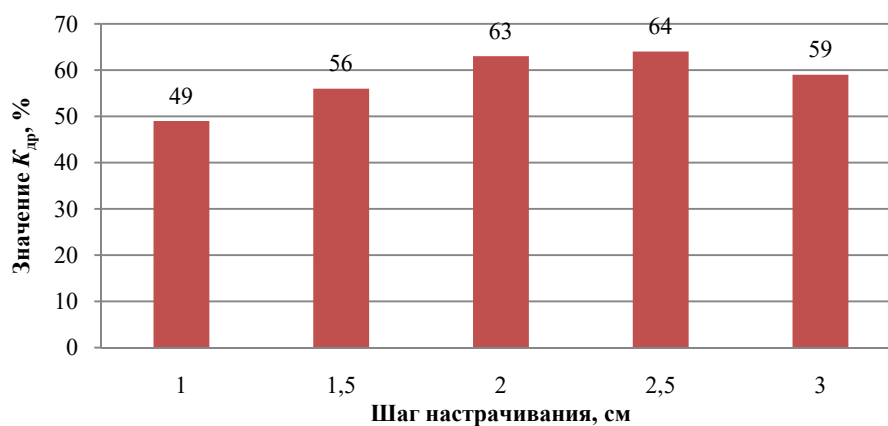
## ВЫВОДЫ

Установлено, что на драпируемость меховых полотен из овчинного полуфабриката оказывает влияние в большей степени шаг настрачивания меховой нити, в меньшей степени свойства материала подложки. Создание меховых полотен из овчинного полуфабриката с низким показателем драпируемости позволяет повысить данный показатель и расширить область использования овчинного полуфабриката.

Т а б л и ц а 3

Значения  $K_{др}$  меховых полотен при различном шаге настрачивания

№ образца	Изображение образца	Шаг настрачивания, см	$K_{др}$ , %	Группа драпируемости
1		1,0	49	Низкая
2		1,5	56	Средняя
3		2,0	63	Средняя
4		2,5	64	Высокая
5		3,0	59	Средняя

Рис. 3. Значения  $K_{др}$  меховых полотен при различном шаге настрачивания меховой нити



**Рис. 4. Изделия из меховых полотен с разным показателем драпируемости:**  
 а – жакет женский; б – жилет женский с накидкой; в – жилет женский

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисова Е. Н. Развитие научно-методологических подходов к оценке свойств овчинных полуфабрикатов для изделий различного ассортимента : дис. ... д-ра техн. наук. Кострома, 2018. 478 с.
2. Муравская Н. Н., Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю. Ассортимент, свойства и оценка качества кож и овчинных полуфабрикатов с различными видами отделки поверхности : монография. Кострома, 2015. 89 с.
3. Шапочка Н. Н., Койтова Ж. Ю., Борисова Е. Н. Анализ диаграмм растяжения различного овчинного полуфабриката // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 5(326). С. 17–20.
4. Разработка новых отделок овчинных полуфабрикатов и изделий из них / Е. Н. Борисова, Ж. Ю. Койтова, Н. Н. Муравская, В. А. Тимченко // Дизайн. Теория и практика. 2013. № 13. С. 48–62.
5. Тимченко В. А., Борисова Е. Н. Показатели качества изделий из овчинных материалов и их взаимосвязь с видами декоративных отделок // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2013. № 1(30). С. 32–34.
6. Стрепетова О. А. Исследование функционально-технологических свойств и разработка системы оценки качества шкур кролика коротковолосого : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2020. 176 с.
7. Стрепетова О. А., Горбачёва М. В., Реусова Т. В. Эргономические свойства мехового полуфабриката кролика коротковолосого // Технологии и качество. 2020. № 3(49). С. 3–5.
8. Тимченко В. А., Борисова Е. Н. Разработка неразрушающего метода оценки драпируемости меховых полуфабрикатов // Швейная промышленность. 2013. № 5. С. 27–28.
9. Патент РФ на изобретение № 2582983: G 01 N 33/36. Способ определения драпируемости меховых и кожевенных полуфабрикатов / Борисова Е. Н., Тимченко В. А., Койтова Ж. Ю.; заявитель и патентообладатель Костромской государственной технологической академии. № 2014106846/15; заяв. от 24.02.2014, опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12. 8 с.
10. Тимченко В. А. Разработка метода оценки и исследование драпируемости овчинного полуфабриката : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2023. 200 с.

#### REFERENCES

1. Borisova E. N. Development of Scientific and Methodological Approaches to Assessing the Properties of Sheepskin Semi-Finished Products for Various Products. Doct. techn. sci. dis. Kostroma, 2018. (In Russ.)
2. Muravskaya N. N., Borisova E. N., Koitova Zh. Yu. Assortment, properties and quality assessment of leathers and sheepskin semi-finished products with various types of surface finishing. Kostroma, 2015. 89 p. (In Russ.)
3. Shapochka N. N., Koitova Zh. Yu., Borisova E. N. Analysis of the stretching diagrams of various sheepskin semi-finished products. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Pro-*

- myshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2010;5(326):17–20. (In Russ.)
4. Borisova E. N., Koitova Zh. Yu., Muravskaya N. N., Timchenko V. A. Development of New Finishes for Sheepskin Semi-Finished Products and Products Made from Them. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2013;13:48–62. (In Russ.)
  5. Timchenko V. A., Borisova E. N. Quality indicators of products made of sheepskin materials and their relationship with types of decorative finishes. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2013;1(30):32–34. (In Russ.)
  6. Strepetova O. A. Research of functional and technological properties and development of a system for assessing the quality of short-haired rabbit pelts. Cand. tech. sci. dis. Kostroma, 2020. 176 p. (In Russ.)
  7. Strepetova O. A., Gorbacheva M. V., Reusova T. V. Ergonomic properties of the fur semi-finished product of the short-haired rabbit. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;3(49):3–5. (In Russ.)
  8. Timchenko V. A., Borisova E. N. Development of a non-destructive method for assessing the drapability of fur semi-finished products. *Shvejnaya promyshlennost'* [Sewing Industry]. 2013;5:27–28. (In Russ.)
  9. Borisova E. N., Timchenko V. A., Koitova Zh. Yu. Method for Determining the Drapability of Fur and Leather Semi-Finished Products. Patent of the Russian Federation for the invention No. 2582983: G 01 N 33/36. Applicant and Patent Holder of the Kostroma State Technological University. No. 2014106846/15; Applied. on 24.02.2014, Publ. on 27.04.2016, Bulletin No. 12. (In Russ.)
  10. Timchenko V. A. Development of a method for assessing and studying the drapability of a sheepskin semi-finished product. Cand. tech. sci. dis. Kostroma, 2023. 200 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 09.07.2025  
Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья

УДК 677.017.8

EDN KTWSBZ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-12-19>

**Михаил Александрович Фарух**

Научно-исследовательский центр ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России, Москва, Россия

[faruh\\_mihail@mail.ru](mailto:faruh_mihail@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0004-6039-9719>

## АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ТКАНИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЫХ ГИБКИХ ПРЕГРАД ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ

**Аннотация.** В статье приведен обзор основных подходов к моделированию однослойных тканых структур. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого подхода. Сделан анализ конечно-элементного представления нити для решения задач прогнозирования баллистической стойкости ткани. Указаны преимущества и недостатки описанных подходов. Выполнен анализ работ по методикам и моделям построения структуры однослойных тканей с учетом различных параметров ее строения. Подробно разобраны недостатки разработанных моделей и области их применения. Сделан обзор программного обеспечения для построения 3D-моделей однослойных тканей. На основе полученной информации предложена методика построения 3D-моделей структуры однослойной ткани, позволяющая строить их для широкого класса ткацких переплетений и учитывающая основные параметры ее строения. Сделаны общие выводы.

**Ключевые слова:** моделирование тканых структур, 3D-модели структуры ткани, средства индивидуальной бронезащиты, однослойные ткани, ткацкое переплетение, конечно-элементное представление нити, параметры ткани

**Для цитирования:** Фарух М. А. Анализ подходов к моделированию структуры ткани для проектирования тканых гибких преград для средств индивидуальной бронезащиты // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 12–19. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-12-19>.

Original article

**Mikhail A. Farukh**

Research Center of the Federal State Budgetary Institution “48 Central Research Institute” of the Ministry of Defense of Russia, Moscow, Russia

## ANALYSIS OF APPROACHES TO MODELLING FABRIC STRUCTURE FOR DESIGNING WOVEN FLEXIBLE BARRIERS FOR PERSONAL ARMOUR PROTECTION

**Abstract.** The article provides an overview of the main approaches to modelling single-layer woven structures. The advantages and disadvantages of each approach are considered. An analysis of the finite element representation of the thread is made to solve the problems of predicting the ballistic resistance of the fabric. The advantages and disadvantages of the described approaches are indicated. An analysis of works on methods and models for constructing the structure of single-layer fabrics is performed, taking into account various parameters of its structure. The disadvantages of the developed models and the areas of their application are analysed in detail. An overview of software for constructing 3D models of single-layer fabrics is made. Based on the information obtained, a technique for constructing the single-layer fabric structure 3D models is proposed, allowing them to be built for a wide class of weaving interlacing, at that taking into account the main parameters of its structure. General conclusions are made.

**Keywords:** woven structures modelling, 3D models of fabric structure, personal protective equipment, single-layer fabrics, weaving interlacing, finite element representation of thread, fabric parameters

**For citation:** Farukh M. A. Analysis of approaches to modelling fabric structure for designing woven flexible barriers for personal armour protection. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 12–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-12-19>.

Актуальность проектирования тканых гибких преград для средств индивидуальной бронезащиты в современных условиях для России постоянно растет. Проведение специальной военной операции, постоянно расширяющиеся санкционные пакеты против РФ со стороны зарубежных стран неизбежно приводят к решению политических задач военным путем, где основную роль будут играть передовые технологические решения и, конечно, личный состав Вооруженных сил, который нужно защищать от любого негативного воздействия со стороны противника и, в первую очередь, от осколков и огнестрельного оружия с применением отечественных технологий защиты.

Разработкой подходов к проектированию и созданию средств индивидуальной бронезащиты занималось много исследователей как в Российской Федерации, так и за рубежом. Довольно подробный обзор данных решений приведен в диссертации А. В. Игнатовой [1]. В данной статье предлагается авторский взгляд на концепцию проектирования гибких тканых преград с описанием отличий от существующих подходов и детальным анализом.

Прежде всего, необходимо отметить общую тенденцию в решении задачи прогнозирования баллистической стойкости защитных бронепакетов на основе однослойных тканей из баллистических материалов. Сущность данного подхода заключается в создании цифровой модели текстильной ткани и загрузке данной модели в САЕ-системы для последующего моделирования процесса пробития тканой преграды

внешним индентором – осколком, шариком, пулей. Это правильный подход с точки зрения сегодняшнего тренда развития цифровой экономики и создания цифровых двойников изделий и процессов. Однако каждый описываемый подход к проектированию средств бронезащиты имеет существенные отличия друг от друга.

Проведем краткий анализ данных различий. Как уже было сказано выше, прежде чем моделировать процесс пробития защитного бронепакета, все авторы в качестве исходных данных должны иметь или создать модель структуры ткани каждого слоя в пакете на уровне одиночного раппорта или представительского объема ткани с учетом действия масштабного фактора. Желательно, чтобы модель была трехмерной и представлена в формате, который мог бы быть загружен в соответствующую САЕ-систему. Это действительно важный момент, поскольку от точности исходных данных – в данном случае от точности геометрической модели структуры ткани и всего пакета – будет зависеть точность прогнозирования баллистической стойкости и время решения задачи.

В данном направлении при моделировании геометрической структуры ткани существует подход на макроуровне, мезоуровне и микроуровне. В принципе возможны на их основе и комбинированные модели ткани. Это известный подход в науке к различным техническим задачам и в том числе для задач механики ткани и нити. Представление ткани на макро-, мезо- и микроуровнях показано на рисунке 1 [1].

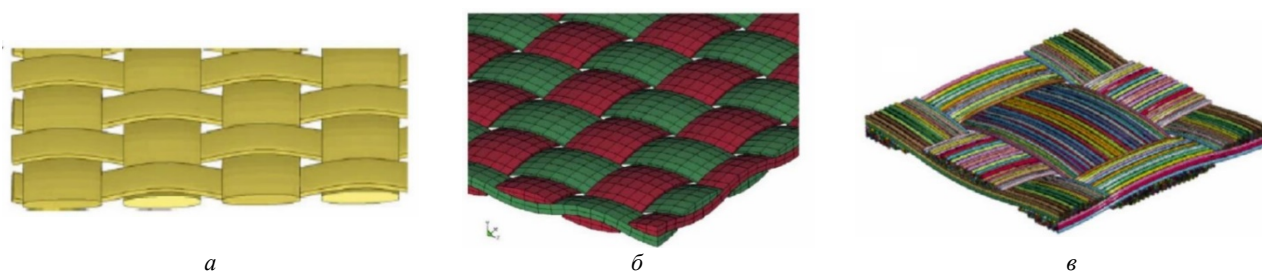


Рис. 1. Классификация подходов моделирования тканых структур:  
а – макроуровень; б – мезоуровень; в – микроуровень [1]

Макроуровневый подход широко применяется при анализе баллистической стойкости ткани при ударе. При этом на данном уровне ткань моделируется монолитной пластиной с интегрированными по объему физико-механическими свойствами. Безусловными преимуществами такого подхода является принятое упрощение представления сложной структуры ткани в виде параллелепипеда, что существенно облегчает

разбиение данного объема на конечные элементы и тем самым резко снижает сложность и время решения задач механики разрушения, да еще и в динамической постановке. Однако данный подход не позволяет учесть механизмы, влияющие на рассеяние энергии при разрушении ткани внешним индентором, такие как вытягивание, распрямление, проскальзывание нитей, фрикционные контакты между ними и другие факторы.



Кроме того, само различие макро- и мезо-уровней в детальном представлении структуры ткани, безусловно, вносит существенные погрешности в решение задачи прогнозирования ее баллистической стойкости. Поэтому моделирование структуры ткани на мезоуровне на сегодняшний день является самым распространенным для решения задач механики разрушения ткани. В этом случае реальная ткань описывается на уровне одиночных нитей основы и утка с представлением их в 3-мерном твердотельном виде и она является более детализированной моделью, чем модель ткани на макроуровне. Нити в ткани представляются совокупностью объемных конечных элементов с описанием их типов и свойств, соответствующих сути решаемой задачи, из библиотеки конечных элементов применяемой САЕ-системы. Но в данном случае детализация модели ткани, кроме явных положительных факторов, приводит и к негативным последствиям – необходимости разбиения на конечные элементы сложного поперечного сечения всех нитей основы и утка в модели, что приводит к резкому увеличению числа конечных элементов и, как следствие, увеличению порядка разрешающей системы метода конечных элементов, что для решения задач механики разрушения, особенно в динамической постановке, приводит к возможности решения данных задач

только с использованием суперкомпьютерных технологий и, конечно, увеличивает время и стоимость решения поставленных задач.

Для упрощения решения задач данного класса разработчики моделей неизбежно прибегают к искусственным методам, касающимся прежде всего представления реальной тканой структуры в виде совокупности конечных элементов различного типа. Например, в статье зарубежных авторов для решения задач деформирования и разрушения многослойных тканевых структур нити основы и утка в ткани представляются в виде оболочечных конечных элементов (рис. 2) [2].

Понятны преимущества такого представления – это снижение порядка разрешающей системы уравнений метода конечных элементов в связи с заменой объемного конечного элемента на оболочечный тип элемента с существенно меньшим количеством его узлов, а следовательно, и размерностью матрицы жесткости данного элемента.

В исследовании Н. Ю. Долганиной и А. В. Игнатовой [3] аналогичная проблема высокой размерности задачи привела к допущению о представлении нитей основы и утка в ткани в виде оболочечных элементов (рис. 3).

Результаты моделирования структуры ткани при таком представлении ее в виде конечных элементов представлены на рисунке 4.

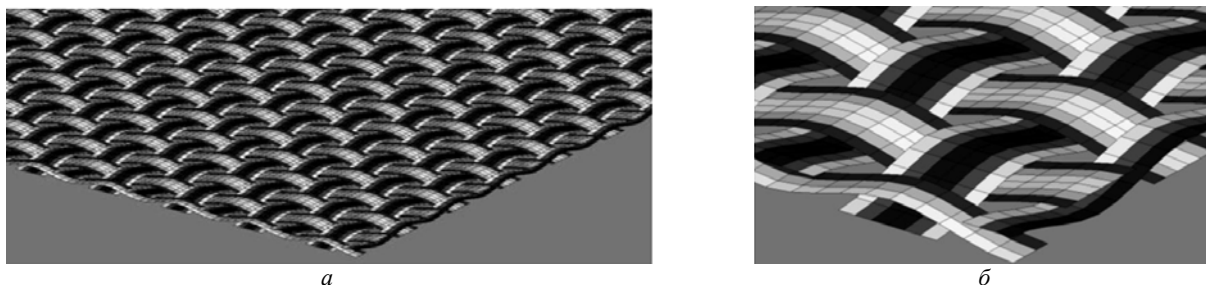


Рис. 2. Моделирование геометрии ткани с помощью оболочечных конечных элементов [2]

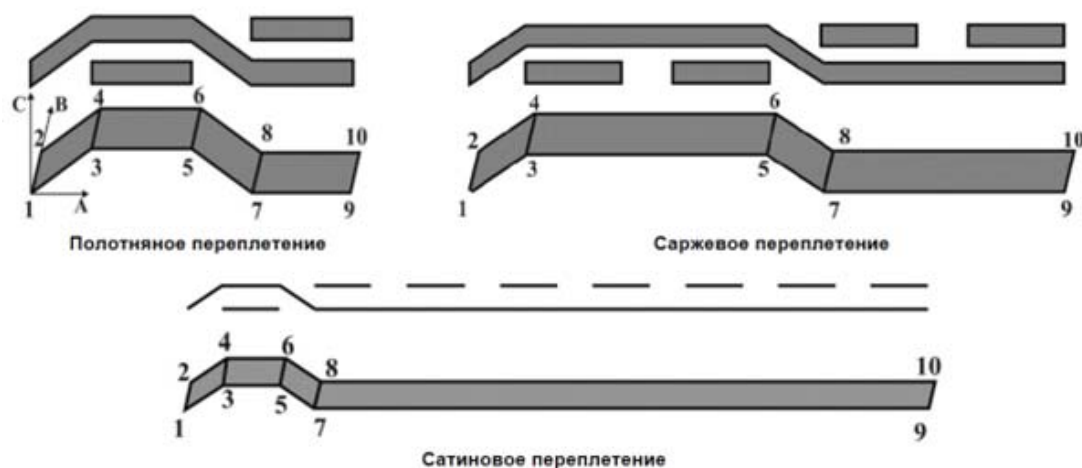


Рис. 3. Представление повторяющихся элементов различных ткацких переплетений [3]

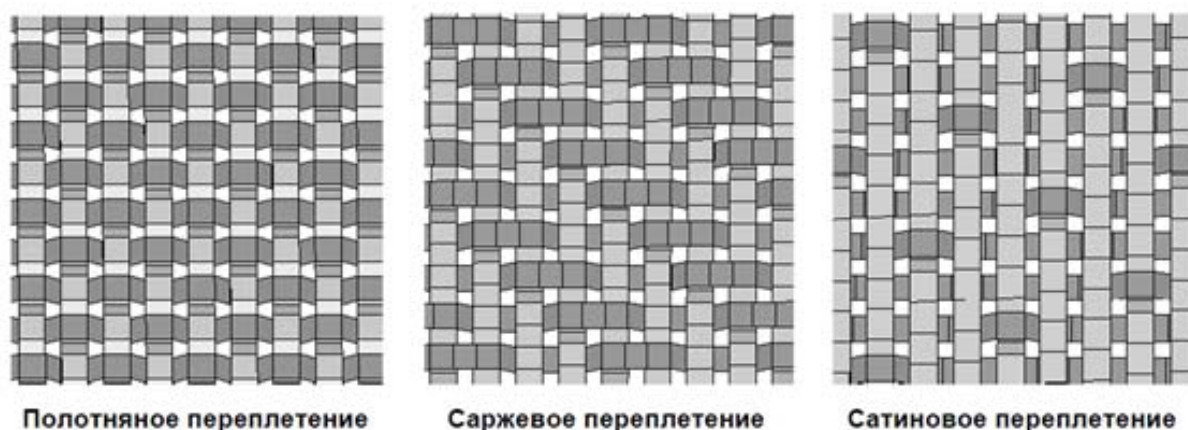


Рис. 4. Моделирование структуры ткани различных переплетений с представлением нитей основы и утка в виде оболочечных конечных элементов [3]

Как видно из рисунков 3 и 4, принятая аппроксимация нитей основы и утка в ткацких переплетениях различного вида является даже более грубой по отношению к подходу аппроксимации нитей такими же оболочечными конечными элементами на рисунке 2. Но авторы таким образом решили поставленную задачу уменьшения размерности, хотя и применяли суперкомпьютерные технологии.

В диссертационном исследовании [4] проблема высокой размерности задачи решена подобным способом. Для этого рассматривалась в расчетах не ткань, а ее ячейка периодичности – т. е. раппорт. Для простоты был взят раппорт самого распространенного переплетения – полотняного. Представление нитей основы и утка в модели осуществлялось с помощью объемных конечных элементов типа плиты с 8 узлами. Конечно-элементное представление ячейки периодичности ткани полотняного переплетения в исследовании [4] отображено на рисунке 5.



Рис. 5. Конечно-элементное представление ячейки периодичности ткани полотняного переплетения [4]

В данной работе уменьшение размерности задачи достигалось за счет полного игнорирования масштабного фактора, тем самым уменьшая размеры исходной модели для конечно-элементного анализа, и представлением нитей основы и утка в ткани с помощью простых параллелепипедов, которые легко разбиваются на конеч-

ные элементы. При этом такая аппроксимация раппорта ткани является самой грубой по отношению к вышерассмотренным.

Модели, построенные на микроуровне, пригодны для построения моделей нитей, особенно для высокомолекулярных типа стеклянных, базальтовых, углеродных и других, которые представляют собой ровинг, состоящий из тысяч элементарных волокон с диаметром филамент от 7 до 40 мкм. Совершенно очевидно, что такое детальное описание нити невозможно применить к описанию структуры ткани на таком уровне вследствие требования чрезвычайных вычислительных ресурсов. Одним из положительных примеров применения микроуровневого подхода к моделированию строения филаментных нитей является программное решение от ESI Group для прогнозирования свойств нитей при различных видах деформации.

Из выполненного обзора моделей структуры тканей, применяемых для задач механики разрушения и особенно в динамической постановке, можно сделать выводы о том, что:

- с целью повышения точности решения построение моделей структуры тканей различных переплетений лучше делать на мезоуровне;
- высокий порядок систем нелинейных уравнений заставляет авторов создавать упрощенные модели строения ткани с применением различных допущений в аппроксимации нитей основы и утка конечными элементами различных типов;
- даже с принятием упрощающих допущений данные задачи требуют суперкомпьютерных технологий.

Как уже было сказано выше, точность описания геометрической модели структуры ткани будет определять и точность модели ее



разрушения, поэтому имеет смысл проанализировать существующие модели, методики и методы, применяемые для ее построения. Достаточно полный обзор методов проектирования и прогнозирования структуры и свойств однослойных и многослойных тканых полотен представлен в диссертации Л. А. Липатовой [5].

При этом различными авторами используются разные подходы и методы – геометрический, механико-геометрический, энергетический, механико-аналитический, детерминированно-вероятностный. Одна из основных целей анализа, проведенного в этой статье, состоит в определении степени готовности разработанных моделей структур тканей для построения их 3D-моделей или поиске готового программного обеспечения, позволяющего строить геометрические 3D-модели структуры ткани с учетом множества возможных ткацких переплетений и учитывающих наиболее важные структурные параметры.

В исследовании [6] разработана математическая модель строения технических тканей для производства термопластичных композиционных материалов. Модель разработана аналитическим методом, но она применена к конкретной структуре и материалу ткани под торговым названием ТОПАС-2. Модель не реализована в виде программного обеспечения.

Математическая модель строения с учетом нелинейной теории изгиба нитей ткани полотняного переплетения на различных этапах формирования разработана А. П. Гречухиным и П. Н. Рудовским [7]. Модель построена для льняных и углеродных нитей и ограничена только одним видом ткацкого переплетения – полотняным. Также отсутствует программная реализация модели в универсальной постановке.

В работе [8] представлено методическое обеспечение автоматизированного исследования ткани, позволяющее определять параметры ткани по ее компьютерному изображению. Созданы математические модели распределения яркости на полноцветном изображении ткани, позволяющие прогнозировать высоту волны изгиба нитей по значениям яркости в опорных точках нитей на изображении ткани. Полученные результаты позволяют определить некоторые параметры строения ткани, в частности, высоты волн изгиба нитей, которые необходимы для построения геометрической модели ткани. Но это лишь малая часть параметров, характеризующих реальное строение ткани, и определяются в данном исследовании они уже на готовой ткани. Но если решать задачу проектирования совершенно новой, еще не существую-

щей структуры ткани, то необходимо располагать множеством параметров строения будущей ткани на самом начальном уровне ее разработки, а не на завершенном этапе, когда имеется уже готовый тканый продукт. В работе исследованию подвергались плоские изображения только льняной ткани, которые не позволяют построить объемную 3D-модель ткани. Отсутствует программная реализация построения 3D-структуры ткани.

В исследовании [9] разработана система проектирования структуры цельнотканых 3D-преформ. Данная работа направлена на построение сложных 3D-структур с любыми видами нитей и любыми видами переплетений, однако она ориентирована на построение многослойных тканевых структур по технологии 3D-ткачества. Построение однослойных тканей возможно реализовать в ней как частный случай. Большое преимущество данной работы заключается в ее готовой программной реализации в виде современного программного обеспечения ПО «Преформа». Однако для частной задачи построения структур однослойных тканей ее применение считаем избыточным. Кроме того, математический аппарат ПО «Преформа» не учитывает такой важный фактор строения ткани, как фаза ее строения. В модели утки предполагаются всегда прямыми, как это характерно для технологии 3D-ткачества.

Развитию теории формирования и строения ткани на основе нелинейной механики гибких нитей аналитическими методами посвящено исследование [10]. Автором разработана модель строения ткани для полотняного саржевого, сатинового и атласного переплетений с одинаковой линейной плотностью нитей основы и утка. Также разработаны модели структуры ткани с разными линейными плотностями основной и уточной нити, но только для полотняного переплетения. Отсутствует программная реализация разработанных моделей для практического применения.

В работах [11, 12] представлен механико-аналитический метод прогнозирования параметров структуры тканей. На основе разработанного метода построена модель структуры ткани. Модель позволяет рассчитать: силы взаимного давления между основными и уточными нитями в области контактов; длины, прогибы и смятия нитей; фазу строения; толщину структуры; линейное, поверхностное и объемное заполнение нитями; поверхностную и объемную пористость; поверхностную и объемную плотность ткани. Разработанные модели не реализованы в виде программного обеспечения.

Разрабатываются методики проектирования тканей, в том числе и на основе экспериментальных исследований. Так, авторами [13] разработана методика проектирования тканей комбинированных переплетений, в раппорте которых содержатся основные и уточные перекрытия разной длины. В основе методики лежит определение порядка фазы строения ткани как среднего арифметического значения для всех перекрытий в элементах раппорта. Расчет ведется с учетом предельного порядка фазы строения ткани в прокидке с максимальной длиной. Данная методика разработана только для комбинированных переплетений. Преимуществом работы является учет фазы строения ткани, однако программное обеспечение для построения 3D-модели ткани так и не было реализовано.

Поиск программного обеспечения в базе федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС) для построения модели строения однослойной ткани дал результат в виде одного источника [14], данная программа для ЭВМ напрямую не позволяет строить 3D-геометрию структуры ткани, но предназначена для расчета основных параметров строения однослойной ткани. При этом для расчета параметров строения ткани использован математический пакет MathCad.

Проведенный обзор подходов к моделям структуры ткани позволяет констатировать следующее:

- наиболее простым для построения 3D-модели структуры ткани является геометрический подход;
- для более точного моделирования структуры ткани с учетом смятия нитей их контактного взаимодействия и действия факторов технологического процесса ткачества широко применяются механико-геометрический и другие подходы. Однако данные подходы имеют ограничения по виду нитей, их линейным плотностям, учету или неучету фазового строения ткани, различных видов ткацких переплетений, присутствуют и другие барьеры;
- большинство моделей строения ткани рассматриваются в плоскости, перпендикулярной нитям утка, и не позволяют без доработки моделей получать 3D-модели ткани;
- практически отсутствует реализация разработанных моделей объемных структур однослойных тканей в виде универсального программного обеспечения, позволяющего стро-

ить данные модели для широкого спектра ткацких переплетений с их различными параметрами строения, вида нитей, различных линейных плотностей нитей основы и утка, фазы строения и др.

Наличие программной реализации процесса проектирования новых тканых структур имеет важнейшее значение для отечественной текстильной промышленности, так как может позволить в сокращенные сроки не только обновлять и расширять ассортимент вырабатываемых тканей, но и улучшать их структуру и качество, причем без больших затрат на обновление технологического ткацкого оборудования.

Таким образом, рассмотрены основные подходы к моделированию структуры ткани, которые было бы возможно использовать для проектирования тканых гибких преград.

На основе полученной обзорной информации и выполненных собственных исследований [15] была разработана методика построения 3D геометрической модели структуры однослойных арамидных тканей наиболее перспективных переплетений – полотняного, саржевого, сатинового, атласного, репс, рогожка с варьируемыми параметрами структуры с учетом фазы строения. Методика реализована в виде программного обеспечения в CAD-системе SolidWorks и позволяет строить параметрические 3D-модели широкой номенклатуры переплетений с учетом наиболее важных параметров строения ткани. Реализована интеграция разработанной модели в CAE-системы конечно-элементного анализа с целью прогнозирования баллистических свойств тканей.

## ВЫВОДЫ

1. Универсальные 3D-модели структуры однослойных тканей с учетом всех параметров строения и видов переплетений для различных материалов отсутствуют. Разработанные методики и модели структуры однослойных тканей имеют различные ограничения по области их применения.

2. Практически отсутствуют методики и модели структуры однослойной ткани для построения их 3D-изображений, реализованные в виде специализированного программного обеспечения.

3. Разработана методика построения 3D-моделей структуры однослойной ткани, позволяющая строить их для широкого класса ткацких переплетений и учитывающая основные параметры ее строения.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатова А. В. Анализ кинетики деформирования и разрушения слоистых тканевых структур с тонкими покрытиями при локальном ударе : дис. ... канд. техн. наук. Пермь, 2021. 145 с.
2. Numerical analysis of a ballistic impact on textile fabric / С. Ha-Minh, A. Imad, T. Kanit, F. Boussu // *International Journal of Mechanical Sciences*. 2013. Vol. 69. P. 32–39.
3. Долганина Н. Ю., Игнатова А. В. Исследование влияния типа переплетения нитей на прочность тканевых преград при локальном ударе // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение*. 2013. Т. 13, № 2. С. 95–104.
4. Кожанов Д. А. Моделирование поведения гибких тканых композитов при растяжении : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Нижний Новгород, 2017. 117 с.
5. Липатова Л. А. Разработка методов оценки и исследование формовочной способности многослойных композиционных текстильных материалов : дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 206 с.
6. Математическая модель строения технических тканей для производства термопластичных композиционных материалов по сокращенной технологии / С. Г. Степанов, В. М. Джанпаизова, Ж. У. Мырхалыков, Г. С. Кенжибаева, Б. С. Туракулов // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2020. № 4(388). С. 79–83.
7. Гречухин А. П., Рудовский П. Н. Развитие теории строения и формирования однослойных тканей : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2017. 172 с.
8. Сокова Г. Г. Теоретические и практические аспекты автоматизированного анализа и проектирования льняных тканей : дис. ... д-ра техн. наук. Кострома, 2009. 303 с.
9. Киселев А. М., Киселев М. В. Разработка систем проектирования структуры и контроля качества цельнотканых 3D-преформ : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2018. 177 с.
10. Степанов С. Г. Развитие теории формирования и строения ткани на основе нелинейной механики гибких нитей : дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2007. 443 с.
11. Примаченко Б. М. Разработка механико-аналитического метода прогнозирования параметров структуры тканей бытового и технического назначения. Механико-аналитическая модель структуры ткани. Часть 2. Продолжение // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2010. № 4(15). С. 72–77.
12. Примаченко Б. М. Разработка методов прогнозирования структуры и эксплуатационных свойств тканей бытового и технического назначения на основе технологических параметров их производства : дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2009. 406 с.
13. Федорченко Е. В., Загора О. В., Кирильчук И. Е. Инновационный подход к проектированию тканей комбинированных переплетений с длинными прокидками // *Материалы и технологии*. 2018. № 1(1). С. 28–32.
14. Расчет основных параметров строения однослойной ткани : программа для ЭВМ. № (св-ва): 2016610065. Дата регистрации: 11.01.2016.
15. Киселев М. В., Фарух М. А. Создание пакета баллистической преграды на основе арамидных и углеродных нитей с повышенными защитными свойствами // *Инновационные текстильные технологии. Перспективы развития : тез. докл. IV Всерос. науч. студ. конф. с междунар. участием (23 ноября 2023 г.)*. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2023. С. 40–41.

## REFERENCES

1. Ignatova A. V. Analysis of the kinetics of deformation and fracture of layered fabric structures with thin coatings under local impact. Cand. techn. sci. dis. Perm, 2021. 145 p. (In Russ.)
2. Ha-Minh C., Imad A., Kanit T., Boussu F. Numerical analysis of a ballistic impact on textile fabric. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2013;69:32–39.
3. Dolganina N. Yu., Ignatova A. V. Study of the influence of the type of thread interlacing on the strength of fabric barriers under local impact. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Mashinostroenie* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering]. 2013;13,2:95–104. (In Russ.)
4. Kozhanov D. A. Modeling the behavior of flexible woven composites under tension. Cand. of phys. and math. sci. dis. Nizhny Novgorod, 2017. 117 p. (In Russ.)
5. Lipatova L. A. Development of methods for assessing and studying the formability of multilayer composite textile materials. Cand. tech. sci. dis. Moscow, 2017. 206 p. (In Russ.)
6. Stepanov S. G., Dzhanchpaizova V. M., Myrkhalykov Zh. U., Kenzhibaeva G. S., Turakulov B. S. Mathematical model of the structure of technical fabrics for the production of thermoplastic composite materials using reduced technology. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promysh-*

- lennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2020;4(388):79–83. (In Russ.)
7. Grechukhin A. P., Rudovsky P. N. Development of the theory of structure and formation of single-layer fabrics. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2017. 172 p. (In Russ.)
  8. Sokova G. G. Theoretical and practical aspects of automated analysis and design of linen fabrics. Doct. techn. sci. dis. Kostroma, 2009. 303 p. (In Russ.)
  9. Kiselev A. M., Kiselev M. V. Development of systems for designing the structure and quality control of solid 3D preforms. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2018. 177 p. (In Russ.)
  10. Stepanov S. G. Development of the theory of formation and structure of fabric based on nonlinear mechanics of flexible threads. Doct. techn. sci. dis. Ivanovo, 2007. 443 p. (In Russ.)
  11. Primachenko B. M. Development of a mechanical-analytical method for predicting the structural parameters of household and technical fabrics. Mechanical-analytical model of fabric structure. Continuation. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2010;4(15):72–77. (In Russ.)
  12. Primachenko B. M. Development of methods for predicting the structure and performance properties of fabrics for household and technical purposes based on the technological parameters of their production Doct. techn. sci. dis. Saint Petersburg, 2009. 406 p. (In Russ.)
  13. Fedorchenko E. V., Zakora O. V., Kirilchuk I. E. Innovative approach to the design of fabrics of combined weaves with long insertions. *Materialy i tekhnologii* [Materials and technologies]. 2018;1(1):28–32. (In Russ.)
  14. Calculation of the main parameters of the structure of a single-layer fabric. Computer program. Registration number (certificate): 2016610065. Date of registration: 11.01.2016.
  15. Kiselev M. V., Farukh M. A. Creation of a ballistic barrier package based on aramid and carbon threads with enhanced protective properties. *Innovatsionnye tekstil'nye tekhnologii. Perspektivy razvitiya* [Innovative textile technologies. Development prospects]. Abstracts of reports of the IV All-Russian scientific student conference with international participation (November 23, 2023). Moscow, Kosygin Russian St. Univ. Publ., 2023. P. 40–41.

Статья поступила в редакцию 02.06.2025

Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья

УДК 677.025

EDN JNMNBX

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-20-26>

Любовь Леонидовна Чагина<sup>1</sup>

Ксения Ивановна Рогова<sup>2</sup>

Анна Геннадьевна Самохвалова<sup>3</sup>

Наталья Сергеевна Шипова<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup>lyu-chagina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

<sup>2</sup>ksenia.rogova.imber75@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-9192-052>

<sup>3</sup>a\_samohvalova@kosgos.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4401-053X>

<sup>4</sup>ns.shipova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0741-1297>

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНКЛЮЗИВНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ ТРЕБОВАНИЙ

**Аннотация.** В статье предложена общая структурно-информационная модель процесса проектирования одежды для людей с ОВЗ в системе «человек с ОВЗ – одежда – окружающая среда – реабилитационно-адаптивный эффект» с учетом специфики функциональных, социальных, эстетических, эргономических и эксплуатационных требований применительно к рассматриваемой целевой аудитории. Определены более широкие по сравнению с традиционной бытовой функциональные возможности адаптивной одежды. Выявлены виды воздействий, оказываемые профессионально спроектированной адаптивной одеждой. Рассмотрен процесс создания инклюзивной одежды, включающий следующие основные позиции: выявление особенностей жизнедеятельности в соответствии с заболеванием; экспертное определение требований к адаптивной одежде для различных категорий пользователей; выявление специфических особенностей изделий, включая разработку инновационных методов и решений; экспертную оценку качества изделий по наиболее значимым критериям с учетом нозологии потребителя.

**Ключевые слова:** люди с нарушением здоровья, социальная реабилитация, адаптивная одежда, концептуальная схема проектирования, методы и технологии, специфические особенности, «умная» одежда

**Благодарности:** исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-28-20297).

**Для цитирования.** Разработка концептуальной модели проектирования инклюзивной одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья с учетом специфики предъявляемых требований / Л. Л. Чагина, К. И. Рогова, А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 20–26. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-20-26>.

Original article

Lyubov' L. Chagina<sup>1</sup>

Kseniya I. Rogova<sup>2</sup>

Anna G. Samokhvalova<sup>3</sup>

Natalia S. Shipova<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Kostroma State University, Kostroma, Russia

## DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL FOR DESIGNING INCLUSIVE CLOTHING FOR PEOPLE WITH DISABILITIES TAKING INTO ACCOUNT THE SPECIFICITY OF THE REQUIREMENTS

**Abstract.** The article proposes a general structural and information model of the process of designing clothing for people with disabilities in the system “person with disabilities – clothing – environment – rehabilitation and adaptive effect” taking into account the specifics of functional, social, aesthetic, ergonomic and op-

*erational requirements applicable to the target audience under consideration. Wider functional capabilities of adaptive clothing compared to traditional household ones are defined. The types of impacts exerted by professionally designed adaptive clothing are revealed. The process of creating inclusive clothing is considered, including the following main positions: identification of life activity features in accordance with the disease; expert determination of requirements for adaptive clothing for various categories of users; identification of specific features of products, including the development of innovative methods and solutions; expert assessment of the quality of products according to the most significant criteria, taking into account the consumer's nosology.*

**Keywords:** *people with disabilities, social rehabilitation, adaptive clothing, conceptual design scheme, methods and technologies, specific features, "smart clothes"*

**Acknowledgements:** the research was carried out with the financial support of the grant from the Russian Science Foundation (project No. 24-28-20297).

**For citation:** Chagina L. L., Rogova K. I., Samokhvalova A. G., Shipova N. S. Development of a conceptual model for designing inclusive clothing for people with disabilities taking into account the specificity of the requirements. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 20–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-20-26>.

Одежда с древнейших времен удовлетворяет не только утилитарно-практические нужды, выступая одним из средств, без которых невозможна повседневность человеческой жизнедеятельности, но и оказывает особое социально-психологическое, аффективно-регуляторное, коммуникативно-информационное, семантико-семиотическое и т. п. воздействие на личность, на жизненную эффективность человека. Влияние одежды на человека многофункционально: это одновременно и отражение личности, и способ формирования стиля поведения. Одежда несет особую информационную нагрузку в общении, свидетельствуя о характере, темпераменте, состоянии, настроении и отношениях ее владельца; о национальной, статусной, социально-групповой, профессиональной и т. п. принадлежности человека; об особенностях его культурной, нравственной, эстетической направленности и др. Полифункциональное значение одежды определяет ее роль и потенциал в сохранении и укреплении психофизического здоровья человека.

На сегодняшний день инклюзивная одежда является значимым сегментом модной индустрии, направленным на улучшение повседневной жизни людей с нарушением здоровья [1, 2]. Работа ученых-исследователей и практиков-производственников в данном направлении включает выявление специфических особенностей адаптивной одежды, направленных на повышение качества и функциональности рассматриваемого ассортимента изделий. Важной составляющей при проектировании одежды для людей с инвалидностью является не только учет особенностей жизнедеятельности исследуемой категории, но и обеспечение психологического комфорта пользователей.

Первые разработки адаптивной моды относятся к середине XX века, однако на протяжении долгого времени она оставалась практически не представленной в коммерческом секторе. Несмотря на наличие таких товаров на рынке в течение многих лет, их дизайн зачастую опирается на медицинскую модель людей с инвалидностью, что приводит к тому, что одежда для людей с ограниченными возможностями разрабатывается с акцентом на реабилитацию, а не на визуальную привлекательность. Важнейшими аспектами при создании адаптивной одежды являются функциональность и комфорт.

Проектирование одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) имеет ряд специфических особенностей, основные из которых отражены в разработанной концептуальной модели создания адаптивных изделий в системе «человек с ОВЗ – одежда – окружающая среда – реабилитационно-адаптивный эффект» (рис.). В соответствии с предлагаемой структурно-информационной схемой разработка адаптивных изделий включает этап выбора субъекта проектирования по нозологической группе, который позволяет выявить особенности жизнедеятельности в соответствии с заболеванием. Важным элементом на данном этапе является осуществление предпроектных исследований, позволяющих определить современный уровень и тенденции создания рассматриваемого ассортимента адаптивных изделий отечественными и зарубежными производителями. Выявленные особенности моделей-аналогов могут явиться предпосылками для разработки функционально улучшенных моделей-предложений.

Традиционно выделяемыми функциями одежды являются утилитарные и информационно-эстетические. Утилитарные функции одежды

закладаются в ее практической значимости, которая в современной бытовой одежде сводится к двум группам функций: защитным и физиолого-гигиеническим. Информационно-эстетические функции одежды заключаются в ее духовной полезности, т. е. способности одежды предметно-чувственным образом отражать свою природную и общественную целесообразность, красоту,

совершенство и нести в себе определенную информацию [3].

Проведенные авторами исследования позволили выявить более широкие по сравнению с традиционной бытовой функциональные возможности адаптивной одежды [4]. В результате для исследуемой категории одежды предложены следующие *обобщенные функции* (табл. 1).

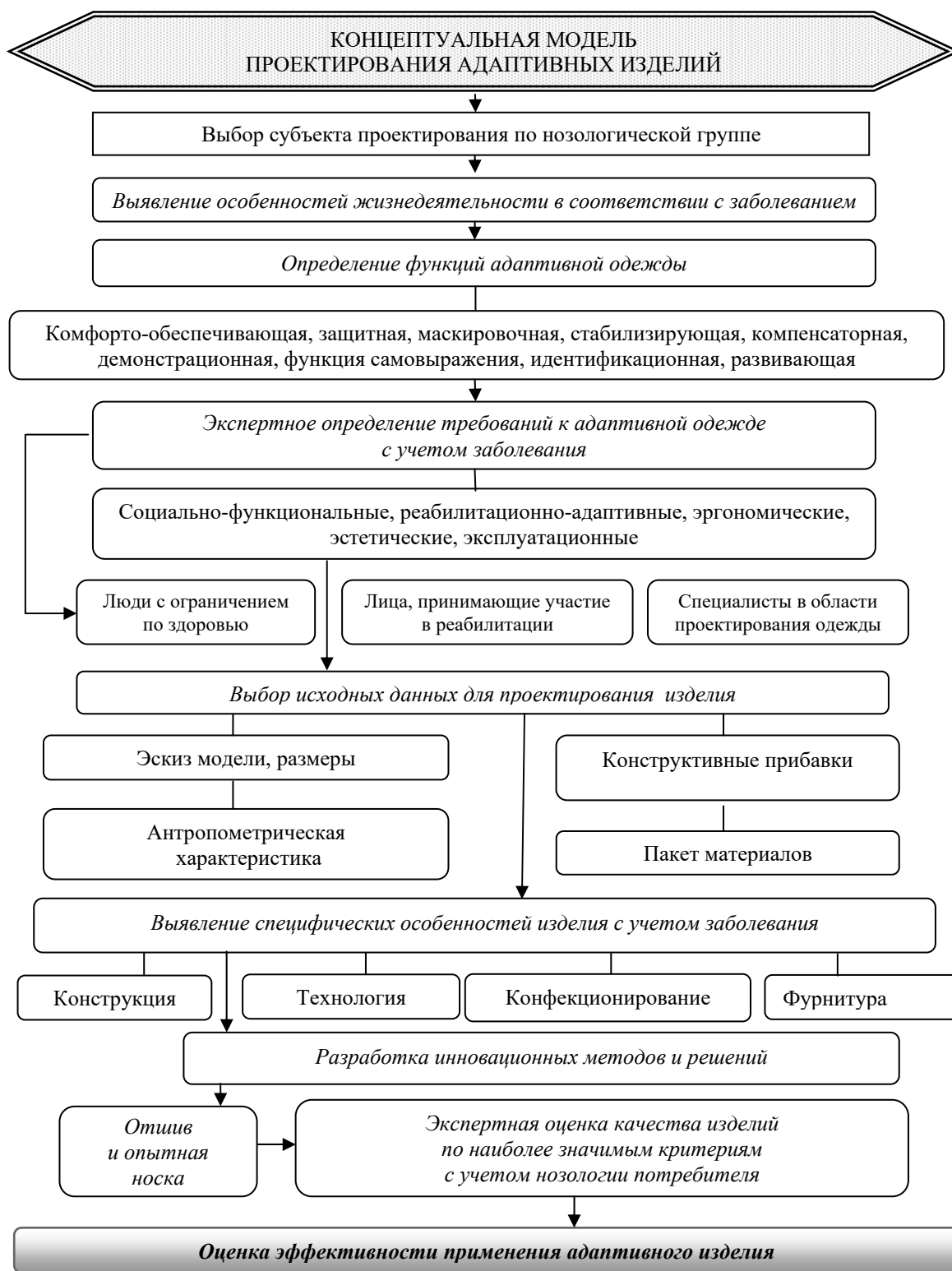


Рис. Общая концептуальная модель проектирования адаптивных изделий в системе «человек с ОВЗ – одежда – окружающая среда – реабилитационно-адаптивный эффект»

Т а б л и ц а 1

## Обобщенные функции адаптивной одежды

Наименование функции	Характеристика
<i>Комфортно-обеспечивающая</i>	Направлена на эргономичность, создание удобства, комфорта, уюта в разных социальных ситуациях
<i>Защитная</i>	Обуславливает защиту от природных, физических, физиологических, социальных и субъективных стресс-факторов, позволяет снизить уязвимость и ущербность личности
<i>Маскировочная</i>	Направлена на сокрытие дефектов фигуры, лица, строения тела, нежелательных возрастных и половых особенностей внешности
<i>Стабилизирующая</i>	Обеспечивает предсказуемость внешнего вида и поведения людей в разнообразных жизненных контекстах (дресс-код деловой встречи, культурного выхода, праздника и др.), способствует неизменности социального порядка и соблюдению социальных норм
<i>Компенсаторная</i>	Предполагает использование одежды в качестве возмещения каких-либо утрат, в качестве «дополненной реальности» в ситуациях фрустраций, деприваций, эмоционального выгорания и истощения
<i>Демонстрационная</i>	Реализует привлечение внимания в обществе, эпатаж, социальный протест, вызов, предполагает использование одежды как средства манипуляций, обмана, достижения корыстных целей
<i>Функция самовыражения</i>	Позволяет максимально проявить свои индивидуальные особенности, физиологические, экспрессивные, статусные, половозрастные и индивидуально-личностные черты в ситуации социального взаимодействия
<i>Идентификационная</i>	Позволяет отнести человека на основе его одежды к определенной нации, религии, политической партии, социальной группе, страте, субкультуре, профессии и др.
<i>Развивающая</i>	Обеспечивает позитивное влияние стиля одежды и «идеального образа Я» на развитие личности (физическое, ценностное, эстетическое, эмоциональное, когнитивное), стимулирует преодоление внутренних и внешних барьеров самосовершенствования

Мерой функционального совершенства одежды является ее соответствие предъявляемым требованиям. Исходя из этого, следующим этапом является исследование и анализ требований потенциальных потребителей, производителей и персонала к рассматриваемому ассортименту продукции. Обобщение информации осуществляется с учетом требований нормативно-технической документации. Применительно к адаптивной одежде на сегодняшний день существуют два отечественных стандарта (табл. 2).

Существующие стандарты содержат общие требования к специальной одежде для людей с инвалидностью. Для проектирования функционально улучшенных адаптивных изделий необходимо учитывать специфические особенности, отражающие ограничения нозологической группы потребителей. В рамках проводимого исследования осуществляется эксперимент с тремя категориями потребителей: лицами с нарушением зрения, ограниченными двигательными возможностями и расстройством аутистического спектра. При этом разработка номенклатуры показателей качества и построение иерархической структуры потребительских свойств инклюзивной одежды учитывает необходимость влияния изделий на социальную реабилитацию и адаптацию. Люди с ОВЗ преимущественно имеют невысокий уровень дохода, и проблема доступности покупки специальной адаптивной одежды является актуальной вследствие повышенной стоимости рассматри-

ваемой категории изделий. Следует отметить, что существующие в настоящее время и доступные варианты одежды часто не соответствуют стандартам стиля и комфорта, что в свою очередь может спровоцировать социальную изоляцию и снижение самооценки [5]. Люди с ОВЗ сталкиваются с социальными стереотипами и стигматизацией. Они могут чувствовать себя неуверенно из-за своего внешнего вида, опасаться негативной реакции окружающих. Это может приводить к тому, что потребители с нарушением здоровья избегают носить модную одежду, даже если она им нравится и подходит [6].

При разработке одежды для людей с ОВЗ важно реализовать различные виды воздействий, которые могут оказывать профессионально правильно спроектированные адаптивные изделия. В таблице 3 на основе анализа и систематизации приведены наиболее значимые для людей с ОВЗ воздействия одежды, разделенные на три категории: медицинские, психологические и социальные.

Определение требований к адаптивной одежде с учетом заболевания осуществляется тремя группами экспертов: людьми с ограничением по здоровью; лицами, принимающими участие в реабилитации; специалистами в области проектирования одежды. На первом уровне иерархической структуры выделены общие групповые показатели качества инклюзивной одежды: социально-функциональные,



реабилитационно-адаптивные, эргономические, эстетические, эксплуатационные. Второй уровень включает единичные показатели, учитывающие нозологию потребителя. На данном этапе осуществляется опрос (анкетирование) людей с ОВЗ с целью выявления значимых характеристик, которыми должна обладать адаптивная одежда. При этом в качестве экспертного метода применяется методология структурирования функции качества, позволяющая высказанные предпочтения потребителей пре-

образовать в показатели качества изделий. Далее выбор наиболее значимых характеристик инклюзивной одежды для каждой исследуемой нозологической группы осуществляется лицами, принимающими участие в реабилитации, и специалистами в области проектирования одежды. На основе статистической обработки мнений трех групп экспертов составляется перечень показателей, в дальнейшем используемых для оценки качества адаптивных изделий и определения их уровня эффективности [7].

Т а б л и ц а 2

## Нормативно-техническая документация на адаптивную одежду

Номер и наименование НТД	Характеристика
ГОСТ Р 54408–2021 «Одежда специальная для инвалидов. Общие технические условия»	Нормативный документ включает общие технические условия на одежду для людей с инвалидностью и распространяется на адаптивную одежду, предназначенную для реабилитации людей с ограничениями жизнедеятельности; содержит классификацию одежды по видам, конструктивному устройству, медицинскому (функциональному) назначению и способу изготовления
ГОСТ Р 70098–2022 «Одежда специальная для инвалидов. Номенклатура показателей качества»	Стандарт устанавливает номенклатуру показателей, применяемых при оценке качества адаптивной одежды в рамках деятельности по обеспечению соответствия изделий заданным требованиям на стадиях разработки, производства, эксплуатации, и методов определения значений показателей

Т а б л и ц а 3

## Воздействия инклюзивной одежды

Медицинское	Психологическое	Социальное
Обеспечение безопасности жизнедеятельности	Повышение уровня удовлетворенностью жизнью	Снижение социокультурных и коммуникативных барьеров
Повышение возможности самообслуживания	Снижение тревожности и уровня депрессии	Повышение возможности получения образования
Нивелирование заболевания	Обеспечение комфортного состояния	Повышение возможности трудоустройства
Компенсация утраченных функций	Повышение самооценки	Возможность создания собственного имиджа
Предупреждение заболевания	Позитивное самовосприятие и субъективное благополучие	Повышение доступа к инфраструктуре
Оздоровление	Мотивация	Формирование копинговых стратегий

В соответствии с предлагаемой концептуальной схемой проектирования адаптивных изделий следующим этапом является выбор исходных данных для проектирования изделия. Отличительной особенностью от традиционного проектирования является необходимость выявления и учета специфических особенностей изделия с учетом заболевания в наиболее значимых категориях: конструктивных решениях, фурнитуре, составе системы материалов, технологии изготовления с учетом вида заболевания. Учет данных специфических особенностей обеспечивает эффективный выбор дизайна модели, конструкторско-технологического решения изделия и рациональное конфекционирование материалов.

Одним из перспективных направлений при разработке инклюзивной одежды является использование нетрадиционных инновационных технологий. В последние годы наблюдается растущий спрос на инновационные решения,

и «умная» одежда, а также текстиль становятся важной частью не только индустрии моды, но и социальной сферы. Развитие данного направления является особенно важным для людей с ОВЗ, позволяя создавать адаптивные решения, которые могут значительно улучшить качество жизни и обеспечить большую независимость для людей с особыми потребностями [8]. Поэтому важной составляющей при проектировании одежды для людей с нарушением здоровья в соответствии с предлагаемой концептуальной схемой (см. рис.) является разработка инновационных методов и решений, подразумевающих создание «умной» одежды.

Для людей с ОВЗ «умная» одежда может включать изделия с интегрированными датчиками и электронными компонентами, что позволяет отслеживать различные параметры здоровья и окружающей среды. Интеграция таких устройств, как акселерометры, пульсометры

и датчики температуры, позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние здоровья пользователей, что может быть особенно полезно для людей с хроническими заболеваниями или теми, кто нуждается в постоянном медицинском наблюдении.

«Умный» текстиль включает в себя материалы, способные реагировать на изменения условий или состояния пользователя, что обеспечивает дополнительный комфорт и функциональность. Эти инновации открывают новые горизонты для мониторинга здоровья и предоставляют инструменты для повышения удобства в повседневной жизни. Например, «умная» одежда может предупреждать о критических изменениях в состоянии здоровья или обеспечивать поддержку в случае падений.

Несмотря на отсутствие полного набора стандартов для «умной» одежды, разработки в этой области продолжают активно развиваться. Интеграция гибкой и легкой электроники в текстиль позволяет создавать удобную и долговечную одежду, которую можно стирать в стиральной машине. Это делает «умную» одежду доступной и практичной для пользователей, обеспечивая при этом комфорт и эстетику материалов [9]. Использование инновационных технологий в области создания различных типов «умной» одежды и текстиля открывает новые возможности для людей с нарушением здоровья, предлагая им не только инновационные решения для мониторинга состояния здоровья, но и практические инструменты для повышения независимости и качества жизни, при этом для достижения максимальной эффективности необходимо учитывать как положительные, так и отрицательные аспекты.

При создании адаптивных изделий в условиях производства процесс включает традиционные этапы проектирования, однако имеет специфические особенности, обусловленные категорией потребителя. Этап *предпроектных исследований* позволяет получить информацию о специфических функциях проектируемого изделия. На этапе *технического задания* выявляются наиболее значимые требования и их весомость с учетом нозологической группы пользователя на основе экспертной оценки. Требования к одежде и материалам влияют на специфические особенности адаптивной одежды, которые необходимо учитывать на этапе конфекционирования материалов, разработки конструкции и выбора технологических решений. Этап *технического предложения* реализует выбор художественно-модельных, конструктивных, технологических и технических решений.

Результатом *эскизного проекта* является технический эскиз, выполненный с учетом антропометрических особенностей пользователя и специфических требований к функциональности. Этап *технического проектирования* включает разработку конструкции с учетом рациональных прибавок и требуемых конструктивных особенностей в зависимости от конкретной нозологии потребителя. Завершающей стадией является *рабочий проект*, содержащий разработку комплекта чертежей основных, производных и вспомогательных лекал, выполнение градационных чертежей и составление технического описания, включая расчет технико-экономических показателей модели.

После отшива экспериментального образца осуществляется опытная носка изделий потребителями. Дальнейшие либо параллельно выполняемые действия включают оценку качества экспериментальных моделей тремя категориями экспертов (потребителями, лицами, принимающими участие в реабилитации, и специалистами в области проектирования одежды) по спектру выявленных наиболее значимых критериев для каждой исследуемой нозологической группы потребителей. На основе разработанной авторами статьи методики [7] эффективность использования инклюзивной одежды оценивается количественно. Рассчитываются комплексные показатели качества (КПК), включающие спектр наиболее значимых единичных критериев для конкретной нозологической группы. Числовое значение КПК определяет уровень качества инклюзивного изделия (высокий, хороший, средний, низкий). Эффективность инклюзивного изделия наблюдается в случае увеличения значения КПК функционально улучшенного инклюзивного изделия по сравнению с типовым. Эффективность каждого отдельного изделия определяется индексом эффективности и уровнем эффективности. В зависимости от значения индекса эффективности инклюзивного изделия выявляется уровень эффективности (по аналогии с комплексным показателем качества) – высокий, хороший, средний или низкий [7].

## ВЫВОДЫ

1. Разработана концептуальная модель процесса проектирования инклюзивной одежды в системе «человек с ОВЗ – одежда – окружающая среда – реабилитационно-адаптивный эффект», направленная на создание функционально улучшенных адаптивных изделий и в конечном итоге – повышение качества жизни людей с ограниченными возможностями здоровья.

2. В соответствии с предлагаемой концептуальной схемой рассмотрены, проанализированы и обоснованы специфические особенно-

сти создания инклюзивных изделий для исследуемого контингента потребителей.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bhandari B. Adaptive Clothing Brands in Mainstream Fashion // Journal of the Textile Association. 2024. Vol. 84. P. 151–154.
2. Инклюзивная одежда как средство социальной реабилитации и адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья: опыт и тенденции развития / Л. Л. Чагина, К. И. Рогова, А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 6. С. 5–17.
3. Шершнева Л. П., Скрыльникова О. А. Инновации в оценке качества готовой продукции // Швейная промышленность. 2007. № 5. С. 51–52.
4. Одежда как социокультурный компонент внешнего облика: концептуализация модели / А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова, Л. Л. Чагина, К. И. Рогова // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2024. Т. 30, № 2. С. 39–48.
5. Kukielko K. Adaptive Fashion. Clothing as a Tool for the Inclusion of People with Disabilities // Podstawy Edukacji. 2024. No 17. P. 119–128.
6. Kabel A., McBee-Black K., Dimka J. Apparel-related participation barriers: ability, adaptation and engagement // Disability and rehabilitation. 2016. No 38. P. 1–9.
7. Построение методики комплексной оценки качества инклюзивной одежды как ресурса социальной реабилитации и адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья / Л. Л. Чагина, К. И. Рогова, А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова // Технологии и качество. 2025. № 1(67). С. 5–12.
8. Xie D. Development and evaluation methods of smart wearable clothing // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1790. P. 1–5.
9. Busari M. Smart Wearables: Integrating Sensors and Electronics into Everyday Clothing. 2024. P. 1–10. URL: [https://www.researchgate.net/publication/387936000\\_Smart\\_Wearables\\_Integrating\\_Sensors\\_and\\_Electronics\\_into\\_Everyday\\_Clothing](https://www.researchgate.net/publication/387936000_Smart_Wearables_Integrating_Sensors_and_Electronics_into_Everyday_Clothing) (дата обращения: 16.06.2025).

#### REFERENCES

1. Bhandari B. Adaptive Clothing Brands in Mainstream Fashion. Journal of the Textile Association. 2024;84:151–154.
2. Chagina L. L., Rogova K. I., Samokhvalova A. G., Shipova N. S. Inclusive Clothing as a Means of Social Rehabilitation and Adaptation of People with Disabilities: Experience and Development Trends. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;6:5–17. (In Russ.)
3. Shershneva L. P., Skrylnikova O. A. Innovations in Finished Product Quality Assessment. *Shvejnaya promyshlennost'* [Sewing Industry]. 2007;5:51–52. (In Russ.)
4. Samokhvalova A. G., Shipova N. S., Chagina L. L., Rogova K. I. Clothing as a Sociocultural Component of External Appearance: Conceptualization of the Model. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika* [Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics]. 2024;30,2:39–48. (In Russ.)
5. Kukielko K. Adaptive Fashion. Clothing as a Tool for the Inclusion of People with Disabilities. *Podstawy Edukacji*. 2024;17:119–128.
6. Kabel A., Mc Bee-Black K., Dimka J. Apparel-related participation barriers: ability, adaptation and engagement. *Disability and rehabilitation*. 2016;38:1–9.
7. Chagina L. L., Rogova K. I., Samokhvalova A. G., Shipova N. S. Development of a Methodology for Comprehensive Assessment of the Quality of Inclusive Clothing as a Resource for Social Rehabilitation and Adaptation of People with Disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2025;1(67):5–12. (In Russ.)
8. Xie D. Development and evaluation methods of smart wearable clothing. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1790:1–5.
9. Busari M. Smart Wearables: Integrating Sensors and Electronics into Everyday Clothing. 2024. P. 1–10. URL: [https://www.researchgate.net/publication/387936000\\_Smart\\_Wearables\\_Integrating\\_Sensors\\_and\\_Electronics\\_into\\_Everyday\\_Clothing](https://www.researchgate.net/publication/387936000_Smart_Wearables_Integrating_Sensors_and_Electronics_into_Everyday_Clothing) (accessed 16.06.2025).

Статья поступила в редакцию 30.06.2025  
Принята к публикации 09.09.2025

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.024

EDN LHNQNK

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-27-32>

**Михаил Иванович Панин**

АО «НИИГрафит», г. Москва, Россия

MIPanin@rosatom.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6513-6767>

## О ПОРИСТОСТИ АРМИРУЮЩИХ СТРУКТУР КОНСТРУКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФОРМИРУЕМЫХ НАМОТКАМИ НИТЕЙ НА ОПРАВКИ

**Аннотация.** На физико-механические свойства композиционных материалов оказывают влияние не только состав и структура, но и различные дефекты, возникающие при производстве и эксплуатации элементов конструкций, изготовленных из них. Одним из основных дефектов, значительно влияющих на снижение прочности композиционных материалов, является пористость. Пористость армирующих структур композиционных материалов определяется степенью заполнения волокнистым наполнителем общего объема композита, что в свою очередь влияет на различные свойства материалов. Целью проводимых исследований является анализ свойств новых структур конструктивных композиционных материалов, формируемых различными видами намоток и нитей на оправки, расчет их пористости, а также исследование их свойств.

**Ключевые слова:** намотка, пористость, 3D-намотка, композит, текстильные структуры, прочность, связующее, армирование

**Для цитирования.** Панин М. И. О пористости армирующих структур конструктивных композиционных материалов, формируемых намотками нитей на оправки // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 27–32. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-27-32>.

Original article

**Mikhail I. Panin**

NII Grafit, Moscow, Russia

## ON THE POROSITY OF REINFORCING STRUCTURES OF STRUCTURAL COMPOSITE MATERIALS FORMED BY WINDING THREADS ON MANDRELS

**Abstract.** The physical and mechanical properties of composite materials are affected not only by their composition and structure, but also by various defects that arise during the production and operation of structural elements made from them. One of the main defects that significantly affects the reduction in the strength of composite materials is porosity. Porosity of the reinforcing structures of composite materials is determined by the degree of filling the total volume of the composite with fibrous filler, which in turn affects various properties of the materials. The purpose of the research is to analyse the properties of new structures of structural composite materials, formed by various types of windings and threads on mandrels, calculate their porosity and study their properties.

**Keywords:** winding, porosity, 3D winding, composite, textile structures, strength, binder, reinforcement

**For citation:** Panin M. I. On the porosity of reinforcing structures of structural composite materials formed by winding threads on mandrels. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 27–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-27-32>.

В настоящее время разработка новых конструктивных композиционных материалов, с предварительно задаваемыми свойствами (плотностью, пористостью, проницаемостью), является крайне важной для различных отраслей в жизнедеятельности людей задач.

Развитие теории наматывания нитей в мотальные паковки [1–3] позволило создать новые виды прецизионных структур намотки, которые положены в основу создания новых полимерных композиционных материалов с требуемыми свойствами по прочности и пористости. В текстильном материаловедении пористость определяет степень заполнения объема волокнистого состава материала порами, она влияет на такие свойства материала, как прочность, теплопроводность, коэффициент фильтрации, морозостойкость, звукопроницаемость и т. д.

Проникновение жидкостей и газов сквозь текстильную структуру изучено достаточно подробно, что и отмечалось в работах [4–6]. При точечной пропитке связующим нитей, армирующих композиты, или при использовании комплексных, или бикомпонентных, нитей создается не монолитная, а пористая структура, проникновение через которую жидкостей и газов может происходить как между несклеенными нитями, так и между волокнами нитей других систем, из которых изготовлены нити (т. е. по порам структуры армирующих материалов) [7–9]. В общем случае проницаемость формируемых текстильных перегородок определяется их структурой и зависит от ее пористости, которая, в свою очередь, определяется объемом пор в единице объема волокнистого состава материалов, армирующих композит (клеевого нетканого материала, намотки, многослойной ткани), которая может быть вычислена по формуле

$$P = \frac{V_{\text{пор}}}{V}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{пор}}$  – объем, занимаемый порами в общем объеме волокнистого армирующего компонента композиционного материала;

$V$  – объем волокнистого состава материалов, армирующих композит, с учетом объема связующего, затраченного на точечную пропитку нитей.

Большой интерес для создания новых видов конструктивных композиционных материалов различного назначения представляют пористые текстильные армирующие структуры, формируемые намотками на оправки. При этом данные структуры могут формироваться как из

одиночных нитей (комплексных, или бикомпонентных), так и помощью 3D-намоток, в которых одновременно используются несколько систем нитей различного сырьевого состава, обладающих своими специфическими свойствами. Учитывая вышеизложенное, отметим, что пористость армирующих композиты текстильных материалов, формируемых намоткой одиночной нити на оправку (например, фильтровальной перегородки специального назначения), следует выражать через плотность намотки формируемой структуры и объемную плотность наматываемой нити. В этом случае пористость структур, формируемых одиночной нитью, определяется по формуле

$$P = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_n}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – плотность намотки пористой перегородки, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma_n$  – плотность наматываемой нити, г/см<sup>3</sup>.

Из формулы (2) следует, что для увеличения или уменьшения пористости (а значит, и проницаемости) создаваемого конструкционного материала наполнителя композита, представляющего собой намотку нити (нитей) на оправку, необходимо уменьшать или увеличивать удельную плотность указанной намотки. Сделать это можно, изменяя коэффициент заполнения структуры намотки  $k_3$  волокнистым материалом, который определяется по формуле

$$k_3 = \frac{\gamma}{\gamma_n}. \quad (3)$$

При этом следует отметить, что максимально возможное заполнение структуры композитов текстильным армирующим компонентом (минимальную пористость) обеспечивает намотка сомкнутой структуры, которая составляет постоянную величину коэффициента заполнения  $k_3 = 0,785$ , пористость такой структуры составит  $P = 0,215$ , независимо от вида используемых нитей [10].

Так, если в качестве пористой перегородки используется сомкнутая структура, то удельная плотность намотки будет иметь максимальное значение и определяться по формуле

$$\gamma = \frac{1}{c^2}, \quad (4)$$

где  $c$  – коэффициент, характеризующий объемную плотность (рыхлость) нити.

Для вязких нитей этот коэффициент определяют по формуле

$$c = \sqrt{\frac{4}{\pi \gamma_n}} = \sqrt{\frac{4}{3,14 \cdot 1,52}} = 0,91. \quad (5)$$

Тогда удельная плотность сомкнутой намотки из вязких нитей составит

$$\gamma_c = \frac{1}{c^2} = \frac{1}{0,91^2} = 1,2. \quad (6)$$

Коэффициент заполнения сомкнутой намотки:

$$k_3 = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} = \frac{1,2}{1,52} = 0,784. \quad (7)$$

Пористость сомкнутой намотки:

$$P = 1 - k_3 = 1 - 0,784 = 0,216. \quad (8)$$

Фактическое значение удельной плотности сомкнутой намотки из вязких нитей составило  $\gamma_c = 1,2 \text{ г/см}^3$ . Пористость структуры такой намотки, определяемая по формуле (2), очень мала и составляет  $P \approx 0,2\%$ . Очевидно, что такая низкая пористость препятствует проникновению в толщу намотки связующих смол и, следовательно, возникает вопрос, возможно ли увеличить пористость такой структуры при сохранении характера взаимного расположения витков в объеме паковки? Проведенные исследования структур сомкнутых намоток показали, что и при сомкнутой (высокоплотной) структуре намотки можно варьировать значение пористости путем частичного «размыкания» витков намотки, формируя «квазисомкнутые» (приближенно сомкнутые) структуры намоток. К таким структурам намоток следует отнести те сомкнутые намотки, в которых размеры пор не превышают значения условного диаметра нитей, из которых они формируются. На рисунке 1 показана фотография «квазисомкнутой» структуры намотки, сформированной из вязких мультифиламентных нитей линейной плотностью  $T = 184 \text{ текс}$ .

На рисунке 1 видны минимальные размеры пор между витками нитей, тем не менее удельная плотность данной структуры намотки составляет  $\gamma = 1,04 \text{ г/см}^3$ , коэффициент заполнения квазисомкнутой намотки  $k_3 = 0,68$ , а пористость данной структуры  $P = 0,32$ , т. е. она возросла, по сравнению с сомкнутой намоткой, до  $5,3\%$ .



Рис. 1. «Квазисомкнутая» структура намотки

Степень «размыкания» витков в структуре сомкнутой намотки можно регулировать изменением величины передаточного отношения между нитераскладчиком и мотальной паковкой с помощью коноидного вариатора. Однако для сохранения стабильных размеров пор в структуре намотки требуется жесткая передача. К мотальным паковкам с постоянными размерами пор относятся такие структуры намоток, как замкнутые, с различной степенью замыкания, спиралевидные и их производные. Данные структуры имеют меньшую удельную плотность намотки  $\gamma$ , по сравнению с сомкнутой намоткой, поэтому они имеют большую пористость и проницаемость. Плотность намоток замкнутой и спиралевидной структур зависит от степени замыкания намотки  $p$ . Таким образом, выбирая требуемую степень замыкания намотки  $p$ , можно задавать расчетным путем размеры пор в армирующей структуре, т. е. проектировать ее пористость, а следовательно, и требуемое значение коэффициента заполнения композита армирующим компонентом, т. е. пористость и прочностные параметры. Чем выше коэффициент заполнения армирующих композиционных материалы структур намотки (чем больше число нитей в шаге намотки), тем выше их прочность [11].

Наиболее наглядно пористость намоточных структур демонстрируют замкнутые намотки. В данном случае форма и размеры пор представляют собой параллелограммы, причем малая диагональ параллелограмма  $f$  остается неизменной, а большая  $b$  увеличивается с ростом диаметра намотки мотальной паковки  $D$ . На рисунке 2 показана фотография 23-замкнутой намотки.



Рис. 2. Структура 23-замкнутой намотки полипропиленовых нитей

Исследование различных структур замкнутых намоток показывает, что с возрастанием  $p$  число пор (сот) в структуре намотки возрастает, а их базовые размеры уменьшаются. Для определения размеров пор (сот) в структуре намоток рассмотрим рисунок 3.

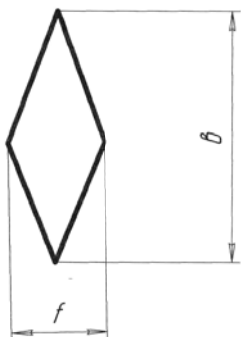


Рис. 3. Размеры пор (ячеек) в замкнутой (сотовой) структуре намоток

Размеры пор в структуре замкнутых намоток, показанные на рисунке 3, определяются по формуле

$$b = \frac{\pi D}{p}, \quad (9)$$

где  $D$  – диаметр намотки мотальной паковки;  
 $p$  – степень замыкания намотки.

Ширина ячейки, измеренная в меридианном (осевом) направлении:

$$f = \frac{2H}{k_{i_0} p}, \quad (10)$$

где  $i_0$  – общее передаточное отношение между веретеном и кулачком раскладчика нити.

Для подтверждения сделанных заключений были проведены исследования и расчеты пористости структур замкнутых намоток с различной степенью замыкания. Результаты проведенных исследований (табл.) выявили зависимость пористости  $\Pi$  структур замкнутых намоток от степени замыкания  $p$  и коэффициента

заполнения структур волокнистым материалом  $k_3$  из вискозных (п/п) нитей линейной плотностью  $T = 184$  текс.

Т а б л и ц а

Результаты исследования

$p$	$\gamma, \text{г/см}^3$	$k_3$	$\Pi$
3	0,28	0,184	0,816
6	0,30	0,197	0,8
9	0,32	0,21	0,79
12	0,45	0,3	0,7
18	0,6	0,4	0,6
23	1,08	0,71	0,29
Квазисомкнутая намотка	1,2	0,68	0,32
Сомкнутая намотка	1,04	0,784	0,216

На рисунке 4 приведен график зависимости пористости  $\Pi$  замкнутых намоток от их степени замыкания  $p$ .

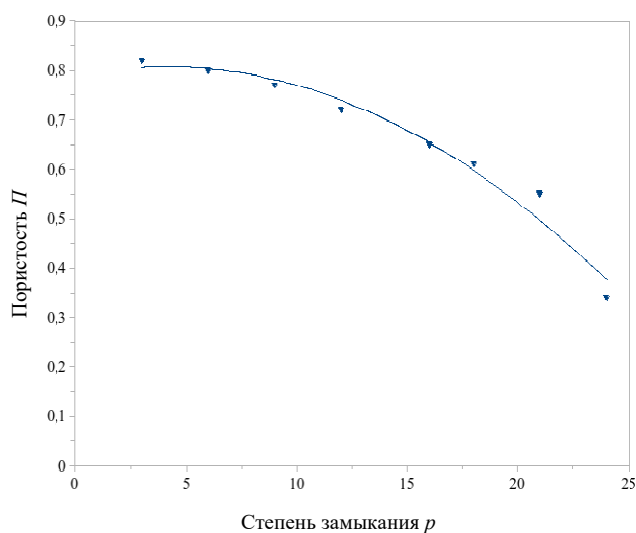


Рис. 4. Зависимость пористости замкнутых намоток от степени их замыкания

Из графика, приведенного на рисунке 4, видно, что с увеличением степени замыкания намоток  $p$  замкнутых структур их пористость снижается.

Точки на графике соответствуют значениям пористости в зависимости от степени замыкания конкретной намотки, а аппроксимирующая кривая (сплошная линия) обобщает закономерность изменения пористости замкнутых намоток от степени их замыкания. Из таблицы видно, что замкнутые намотки малой степени замыкания имеют большие поры и малый коэффициент заполнения намоток. Напротив, при повышении степени замыкания пористость замкнутых намоток снижается, а следовательно, варьируя значение  $p$  (степени замыкания замкнутых намоток), можно получать структуры

с требуемой пористостью и проницаемостью (требуемыми значениями размеров пор).

Очевидно, что пористость структур, формируемых 3D-намотками из нескольких систем нитей, будет определяться аналогично, но с учетом их количества и долевого содержания нитей каждой из используемых систем в общем объеме создаваемого материала, т. е. путем определения коэффициентов заполнения объема композита нитями каждой системы. Данная работа требует дальнейшего развития и проведения дополнительных исследований.

Исследования пористости различных структур намоток позволили разработать волокнистые композиционные фильтры, армированные комплексными нитями, устойчивыми к воздействию агрессивных сред, необходимые для применения в нефтегазовой отрасли и создания систем экологической безопасности людей, что отражено в работах [12, 13].

## ВЫВОДЫ

1. Разработка новых конструктивных композиционных материалов с задаваемыми свойствами (пористостью, проницаемостью, прочностью) является крайне важной задачей, решение которой возможно за счет использования различных структур, в том числе 3D-намоток, формируемых одновременно несколькими системами нитей разной природы и сырьевого состава.

2. Пористость армирующих структур композиционных материалов, формируемых намотками нитей на оправки, можно проектировать расчетным путем, за счет выбора вида нитей, их сырьевого состава и структур намотки с требуемой степенью замыкания.

3. При точечной пропитке связующим нитей, армирующих композиты, или при использовании комплексных нитей создается не монолитная, а пористая структура композиционного материала, которая благодаря свойствам применяемых нитей может использоваться в различных отраслях промышленности.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Панин И. Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1996. 31 с.
2. Рокотов Н. В. Теоретические основы разработки намоточных механизмов для получения изделий с заданными свойствами и структурами : дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2018. 326 с.
3. Рудовский П. Н. Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Кострома, 1996. 32 с.
4. Пути совершенствования пористых перегородок воздушных фильтров из текстильных материалов / С. Д. Николаев, М. И. Панин, О. В. Кашеев, И. В. Рыбаулина // Известия вузов. Технология текстильной промышленности 2018. № 5(377). С. 255–258.
5. Calculation of the loads on composite materials formed by winding / O. V. Kashcheev, N. A. Nikolaeva, M. I. Panin, S. V. Knyaz'kin, S. Y. Krotov // Fibre Chemistry. 2014. Vol. 46, No 2. P. 122–125.
6. Тимусяк С. Ю., Рудовский П. Н. Влияние диаметра наматывания на гидравлическое сопротивление паковок крестовой намотки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 5(334). С. 71–74.
7. Рудовский П. Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1995. № 4(226). С. 56–59.
8. Rudovsky P. N. Control of package build in random winding // Melliand Textilberichte. 1997. Vol. 78, No 3. С. 138–141.
9. Рудовский П. Н. Влияние взаимодействий витков на процесс раскладки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1995. № 5(227). С. 43.
10. Расчет коэффициента заполнения структур композитных материалов текстильным армирующим компонентом / М. И. Панин, И. Н. Панин, С. Д. Николаев, А. С. Николаев, И. М. Гаврилова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 1(343). С. 73–78.
11. Николаев С. Д., Панин М. И., Панин И. Н. Исследование прочностных характеристик мотальных паковок специального назначения с помощью разверток // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8(329). С. 40–44.
12. Использование различных текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха и газов от пыли / С. Д. Николаев, И. Н. Панин, М. И. Панин, И. В. Рыбаулина // Дизайн и технологии. 2018. № 66(108). С. 84–88.
13. Об использовании комплексных нитей для армирования волокнистых композиционных материалов, применяемых в нефтегазовой отрасли / М. И. Панин, В. М. Капустин, А. Е. Цимбалюк, Р. В. Хакимов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности 2021. № 6(396). С. 103–106.



## REFERENCES

1. Panin I. N. Development and study of structures of special-purpose textile packages. Abstract of Doct. techn. sci. dis. Moscow, 1996. 31 p. (In Russ.)
2. Rokotov N. V. Theoretical foundations of the development of winding mechanisms for obtaining products with specified properties and structures. Doct. techn. sci. dis. Saint Petersburg, 2018. 326 p. (In Russ.)
3. Rudovsky P. N. Theoretical foundations of the formation of a technological assessment of packages during friction winding. Abstract of Doct. techn. sci. dis. Kostroma, 1996. 32 p. (In Russ.)
4. Nikolaev S. D., Panin M. I., Kashcheev O. V., Rybaulina I. V. Ways to improve porous partitions of air filters made of textile materials. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology] 2018;5(377):255–258. (In Russ.)
5. Kashcheev O. V., Nikolaeva N. A., Panin M. I., Knyaz'kin S. V., Krotov S. Y. Calculation of the loads on composite materials formed by winding. *Fibre Chemistry*. 2014;46,2:122–125.
6. Timusyak S. Yu., Rudovsky P. N. Effect of winding diameter on the hydraulic resistance of cross-wound packages. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2011;5(334):71–74. (In Russ.)
7. Rudovsky P. N. Analysis of the winding structure during friction winding. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 1995;4(226):56–59. (In Russ.)
8. Rudovsky P. N. Control of package build in random winding. *Melliand Textilberichte*. 1997;78,3:138–141.
9. Rudovsky P. N. Influence of Coil Interactions on the Laying Out Process *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 1995;5(227):43. (In Russ.)
10. Panin M. I., Panin I. N., Nikolaev S. D., Nikolaev A. S., Gavrilova I. M. Calculation of the Filling Factor of Composite Material Structures with a Textile Reinforcing Component *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2013;1(343):73–78. (In Russ.)
11. Nikolaev S. D., Panin M. I., Panin I. N. Study of strength characteristics of special-purpose winding packages using reamers. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2010;8(329):40–44. (In Russ.)
12. Nikolaev S. D., Panin I. N., Panin M. I., Rybaulina I. V. Use of various textile filters used in cleaning air and gases from dust. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2018;66(108):84–88. (In Russ.)
13. Panin M. I., Kapustin V. M., Tsybalyuk A. E., Khakimov R. V. On the use of complex yarns for reinforcing fibrous composite materials used in the oil and gas industry *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2021;6(396):103–106. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 30.07.2025  
Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья

УДК 677.623.445.1

EDN LIAZVN

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-33-37>

Михаил Александрович Фарух<sup>1</sup>

Михаил Владимирович Киселев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский центр ФГБУ «48 ЦНИИ» Минобороны России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ООО НПО «Программируемые композиты», г. Кострома, Россия

faruh\_mihail@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-6039-9719>

kisselev50@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-5685-838X>

## КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЫХ ГИБКИХ ПРЕГРАД ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ

**Аннотация.** Статья основана на ранее выполненном анализе подходов к моделированию структуры однослойных тканей и их конечно-элементного представления для задач механики разрушения тканей. Сделан вывод о достаточности упрощенного представления моделей структуры ткани для оценки ее баллистической стойкости. В статье представлена концепция проектирования тканых гибких преград или композитных бронеплит для средств индивидуальной бронезащиты, которые являются основой для создания бронежилета. Представлено краткое содержание каждого этапа предлагаемой концепции, сущность которой состоит в цифровом проектировании однослойных тканей различных переплетений с различными параметрами строения, формирования из них бронепакета, его виртуальных испытаний для ускорения процесса проектирования, изготовления бронепакета и при успешных его виртуальных и натурных испытаниях изготовления изделия – бронежилета.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной бронезащиты, концептуальный подход, проектирование, компьютерное моделирование, бронепакет, баллистическая стойкость, однослойная ткань

**Для цитирования.** Фарух М. А., Киселев М. В. Концепция проектирования тканых гибких преград для средств индивидуальной бронезащиты // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 33–37. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-33-37>.

Original article

Mikhail A. Farukh<sup>1</sup>

Mikhail V. Kiselev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Center of the Federal State Budgetary Institution “48 Central Research Institute” of the Ministry of Defense of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> NPO Programmable Composites LLC, Kostroma, Russia

## DESIGN CONCEPT OF WOVEN FLEXIBLE BARRIERS FOR PERSONAL ARMOR PROTECTION MEANS

**Abstract.** The article is based on the previously performed analysis of approaches to modeling the structure of single-layer fabrics and their finite element representation for problems of tissue fracture mechanics. A conclusion is made about the sufficiency of a simplified representation of fabric structure models for assessing its ballistic resistance. The article presents a concept for designing woven flexible barriers or composite armor plates for personal body armor, which are the basis for creating a bulletproof vest. A brief summary of each stage of the proposed concept is presented, the essence of which lies in the digital design of single-layer fabrics of various weaves with various structural parameters, the formation of an armor package from them, its virtual testing to speed up the design process, the manufacture of the armor package and, if successful, its virtual and full-scale testing of the product – a bulletproof vest.

**Keywords:** personal protective equipment, conceptual approach, design, computer modelling, armour package, ballistic strength, single-layer fabrics

**For citation:** Farukh M. A., Kiselev M. V. Concept of designing woven flexible barriers for personal body armor. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 33–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-33-37>.

Разработка эффективных средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) является сложной задачей ввиду большого числа тактико-технических требований и факторов, влияющих на их боевую эффективность. Материаловедческие исследования являются важным этапом на пути развития защитных и эксплуатационных возможностей тканых гибридных преград, используемых в таких изделиях, как бронежилеты. В настоящее время создаются эффективные структуры на основе арамидных тканей, применяется керамика, при этом активно развиваются методы расчета, совершенствуются средства компьютерного моделирования и проектирования защитных преград, создается оригинальное программное обеспечение. Все это в комплексе позволяет создавать целевые броне материалы в зависимости от требований к баллистической стойкости преграды, ведет к уменьшению массы готового изделия в сочетании с более высокой площадью защиты, а также к универсальности и др.

Проведенный ранее анализ подходов к моделированию структуры однослойных и многослойных тканей с целью определения степени готовности разработанных моделей структур тканей для построения их 3D-моделей и последующего использования при проектировании средств индивидуальной бронезащиты, а также исследования авторов данной статьи [1–4] позволили сформировать видение концептуального подхода к решению задачи проектирования тканых гибких преград для средств индивидуальной бронезащиты.

Проектирование СИБ – сложный процесс, требующий учета множества факторов для обеспечения максимальной защиты человека в боевых условиях, так как основная цель СИБ – минимизировать воздействие поражающих элементов (пуль, осколков) на тело человека.

Концепция проектирования СИБ включает в себя несколько ключевых аспектов, от выбора материалов для комбинированных защитных преград (керамика, металлы, композиты, сверхвысокомолекулярный полиэтилен) и тканевых элементов (aramидные волокна), оценки их баллистических характеристик до технологического изготовления готового изделия с испытанным по соответствующим стандартам броне пакетом.

Укрупненное представление концепции проектирования средств индивидуальной защиты представлено в виде структурно-логической схемы на рисунке. Такое представление этапов

проектирования и изготовления СИБ позволяет разбить сложный процесс на основные этапы и подэтапы, рассмотреть содержательное наполнение каждого из них в отдельности, определить последовательность и их связь с другими этапами процесса проектирования. Схематическое представление концепции проектирования позволяет более эффективно планировать и контролировать ход выполнения проекта по созданию СИБ.

Концепция проектирования СИБ содержит четыре основных этапа от создания 3D-модели ткани для изготовления броне пакета до создания готового изделия СИБ и соответственно перечень подэтапов в каждом из них.

Сущность концепции состоит в цифровом проектировании однослойных тканей различных переплетений с различными параметрами строения, формировании из них броне пакета, его виртуальных испытаний для ускорения процесса проектирования, изготовления броне пакета при успешных виртуальных испытаниях и его натурных испытаниях, после которых принимается решение о его пригодности или непригодности для изготовления СИБ.

Данный процесс итерационный. При отрицательных результатах виртуальных или натурных испытаний броне пакета его проектирование начинается снова с подэтапа 1 или 5 (см. рис.). Изготовление СИБ начинается после успешных натурных испытаний броне пакета.

В сегодняшнем представлении процесса цифрового проектирования, как правило, ориентируются на конечный оптимальный вариант. Однако для задачи проектирования СИБ на всех его этапах получить оптимальное решение не представляется возможным в связи со слишком большим количеством факторов, влияющих на баллистическую стойкость броне пакета, а также невозможностью представления ее в виде непрерывной зависимости от различных видов ткацких переплетений. Поэтому для поиска рациональных решений выбора структуры броне пластины приходится использовать метод последовательных приближений. При этом желательно уменьшить время и стоимость получения очередного приближения, используя исследования влияния на баллистическую стойкость материала нитей, вида ткацкого переплетения и их параметров строения, закономерности формирования структуры броне пакета из однослойных тканей и др.

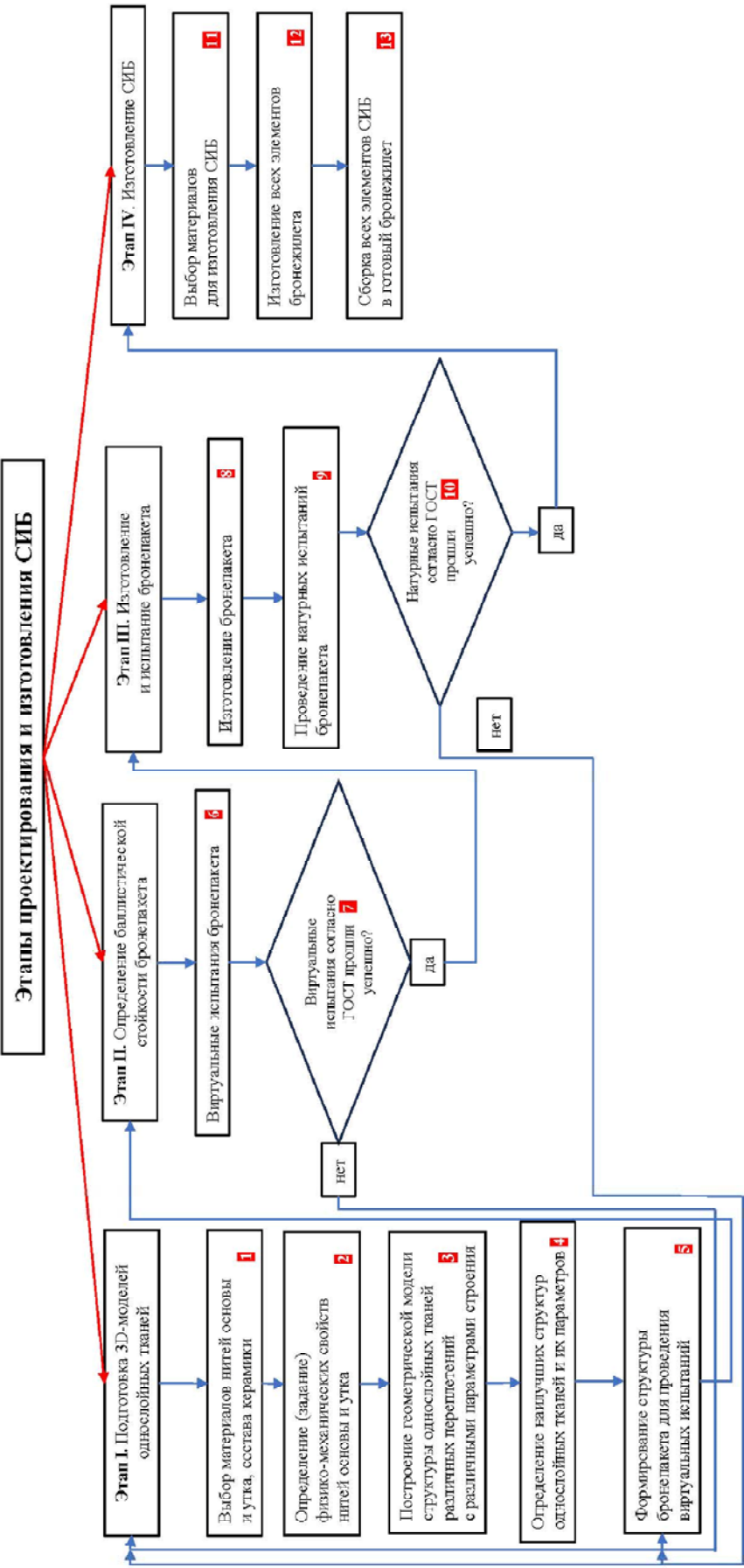


Рис. Структурно-логическая схема концепции проектирования средств индивидуальной защиты

На этапе определения баллистической стойкости бронепластин рекомендуется использовать упрощенные модели разрушения, которые позволят качественно оценить влияние того или иного фактора и сократить время расчета.

Для понимания концепции важны условия выполнения каждого этапа и их подэтапа, поэтому опишем их несколько подробнее с краткими рекомендациями.

#### *Содержание этапов концепции проектирования СИБ*

*Этап I. Подготовка 3D-моделей однослойных тканей.*

1. Осуществляется выбор для гибких бронепакетов баллистических нитей типа Русар, СВМПЭ и др. Для выбора композитных бронеплит осуществляется выбор типа керамики.

2. Для подобранных для бронепакета материалов должны быть получены их физико-механические свойства из базы данных по материалам или путем проведения испытаний. Данные свойства будут использоваться на подэтапе 6.

Для получения более точных моделей желательно получать диаграммы деформирования материалов на высоких скоростях деформации, соответствующие реальным условиям пробития индентором. Однако для сравнительного анализа рекомендуем использовать диаграммы деформирования в статике.

3. При выборе однослойных или многослойных тканей для гибких бронепакетов строятся их геометрические 3D-модели различных переплетений с различными параметрами.

На данном подэтапе рекомендуется упрощенное представление структуры ткани с геометрическим подходом. Данная рекомендация основана на том, что при разрушении индентором нити ткани испытывают существенно большие деформации, чем в процессе ткачества, и их величиной для упрощения построения структуры ткани можно пренебречь.

Задачей данного этапа является подготовка моделей для их последующего анализа в САЕ-системах.

4. Выполнение виртуальных испытаний моделей тканей, подготовленных на предыдущем подэтапе, и выбор из них наилучших переплетений с наилучшими структурными параметрами.

5. Формирование CAD-модели бронепакета на основе выбранных наилучших переплетений с наилучшими структурными параметрами.

*Этап II. Определение баллистической стойкости бронепакета.*

6. Реализация виртуальных испытаний моделей, подготовленных на этапе I.

7. Проведение виртуальных испытаний сформированного бронепакета. На данном этапе не преследуется цель получить наиболее точное решение задачи прогнозирования баллистической стойкости. Для этого рекомендуется применение упрощенной модели разрушения с упрощенной геометрической моделью строения ткани и упрощенным заданием свойств нити только на растяжение. Такое допущение упрощает решение задачи и использует классическое определение нити как тела, работающего только на растяжение.

По результатам виртуальных испытаний бронепакета принимается решение – если они прошли успешно, то переходим к следующему подэтапу 8, если нет, то возвращаемся к подэтапу 1 или 5.

*Этап III. Изготовление и испытание бронепакета.*

8. Изготовление бронепакета начинается после успешного завершения подэтапа 7 из выбранных материалов и структур тканей. Изготовление гибких бронепакетов или композитных бронеплит, их подготовка к натурным испытаниям.

9. Проведение натурных испытаний бронепакета. Проведение натурных испытаний спроектированного и изготовленного бронепакета как необходимый подэтап для верификации виртуальных испытаний и определения их предела баллистической стойкости по ГОСТ.

10. При успешных натурных испытаниях осуществляется переход на следующий подэтап 11. Иначе возвращаемся на подэтапы 1 или 5.

*Этап IV. Изготовление СИБ.*

11. Осуществляется выбор материалов для СИБ. Для удобной носки военнослужащим должны быть учтены требования легкости, паропроницаемости, гигроскопичности и др.

12. Из выбранных материалов предыдущего этапа швейными технологиями изготавливаются внешний чехол и другие элементы СИБ, кроме бронепанели. Желательно изготавливать универсальную несущую систему для возможности использования как гибких бронепакетов, так и композитных бронеплит для защиты от стрелкового оружия.

13. Осуществляется сборка всех элементов бронезилета в готовое изделие.

В соответствии с основными этапами данной концепции реализовано проектирование и разработка бронезилетов с классом защиты 1, 2

согласно ГОСТ 34286–2017 и классом защиты 6А по ГОСТ Р 50744–95 [5].

### ВЫВОДЫ

1. Разработана концепция проектирования средств индивидуальной бронезащиты на

основе цифровых моделей тканых преград в виде однослойных тканей.

2. Концепция представлена в виде структурно-логической схемы процесса проектирования СИБ, содержащей обоснование и описание основных ее этапов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Киселев М. В., Фарух М. А. Баллистические ткани как основа средств индивидуальной бронезащиты // Цифровые технологии в производстве : материалы Всерос. науч.-техн. конф. (Кострома, 21 декабря 2023 года). Кострома : Костромской государственный университет, 2024. 1 CD-ROM. С. 51–56.
2. Киселев М. В., Фарух М. А., Самойлов Д. А. Создание композитных защитных элементов для средств индивидуальной защиты // Сборник научных трудов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. А. И. Коблякова. Ч. 1. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2024. С. 186–190.
3. Фарух М. А., Киселев М. В., Самойлов Д. А. Разработка структуры защитных композиционных пластин для средств индивидуальной защиты // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4(406). С. 271–278.
4. Фарух М. А., Киселев М. В., Самойлов Д. А. Экспериментальные исследования защитных свойств композиционных пластин для средств индивидуальной защиты // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 6(408). С. 255–260.
5. Киселев М. В., Фарух М. А. Создание экспериментального средства индивидуальной бронезащиты с улучшенными характеристиками // Дизайн и технологии. 2024. № 103(145). С. 93–100.

### REFERENCES

1. Kiselev M. V., Farukh M. A. Ballistic fabrics as a basis for personal body armor. *Cifrovye texnologii v proizvodstve* [Digital technologies in production: materials of the All-Russian scientific and technical conference (Kostroma, December 21, 2023)]. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2024. 1 CD-ROM. P. 51–56. (In Russ.)
2. Kiselev M. V., Farukh M. A., Samoilov D. A. Creation of composite protective elements for personal protective equipment. *Sbornik nauchny'x trudov Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem, posvyashhennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. A. I. Koblyakova* [Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. A.I. Koblyakov]. P. 1. Moscow, Ross. St. Univ. named after A. N. Kosygin Publ., 2024. P. 186–190. (In Russ.)
3. Farukh M. A., Kiselev M. V., Samoilov D. A. Development of the structure of protective composite plates for personal protective equipment. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;4(406):271–278. (In Russ.)
4. Farukh M. A., Kiselev M. V., Samoilov D. A. Experimental studies of the protective properties of composite plates for personal protective equipment. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;6(408):255–260. (In Russ.)
5. Kiselev M. V., Farukh M. A. Creation of an experimental means of individual armor protection with improved characteristics. *Dizajn i texnologii* [Design and technology]. 2024;103(145):93–100. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 21.08.2025  
Принята к публикации 09.09.2025

Обзорная статья

УДК 677.017

EDN MDGOKA

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-38-43>

**Юлия Алексеевна Щепочкина**

Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, г. Иваново, Россия

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

julia2004ivanovo@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6792-8239>

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ И ДРУГИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

**Аннотация.** Отмечено, что в последние годы появилось множество интересных и перспективных разработок, касающихся как конструктивного выполнения спецодежды и других средств индивидуальной защиты, так и материалов для их изготовления. Совершенствуются сорбирующие и фильтрующие материалы. По-прежнему актуальна задача защиты глаз от воздействия инфракрасного излучения, светового излучения лазеров. Разрабатываются и находят все большее применение многослойные конструкции спецодежды. На практике широко используются синтетические ткани и нетканые материалы, полимерные пленки, активно внедряются нанотехнологии, используется обработка текстиля низкотемпературной плазмой. Выработка обоснованных требований к спецодежде и другим средствам индивидуальной защиты, а также материалам для их изготовления возможна только на основе развития комплексных исследований, изучения быстро меняющихся условий труда, физиологических реакций организма работников в производственных условиях, анализа заболеваемости и травматизма.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты, спецодежда, многослойные конструкции, синтетические ткани, нетканые материалы, работники, обеспечение

**Для цитирования.** Щепочкина Ю. А. Пути совершенствования спецодежды и других средств индивидуальной защиты // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 38–43. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-38-43>.

Review article

**Julia A. Shchepochkina**

Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, Ivanovo, Russia

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russia

## WAYS TO IMPROVE WORKWEAR AND OTHER PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

**Abstract.** It is noted that in recent years, there have been many interesting and promising developments concerning both the constructive implementation of workwear and other personal protective equipment, as well as materials for their manufacture. Sorbing and filtering materials are improved. The task of protecting the eyes from the effects of infrared radiation and laser light remains topical. Multilayer workwear designs are developed and used increasingly often. In practice, synthetic fabrics and nonwovens, polymer films are widely used, with nanotechnology actively introduced, and low-temperature plasma textile processing utilised. The development of reasonable requirements for workwear and other personal protective equipment, as well as materials for their manufacture, is only possible on the basis of the development of comprehensive research, the study of rapidly changing working conditions, of workers' physiological reactions in industrial conditions, morbidity and injury analysis.

**Keywords:** personal protective equipment, overalls, multilayer structures, synthetic fabrics, non-woven materials, workers, provision

**For citation:** Shchepochkina Ju. A. Ways to improve workwear and other personal protective equipment. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 38–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-38-43>.

На обеспечение безопасных и здоровых условий труда на производстве значительное влияние оказывают средства индивидуальной защиты, совершенствованию которых в Российской Федерации уделяется большое внимание.

Согласно ст. 221 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан бесплатно по установленным нормам обеспечивать средствами индивидуальной защиты работников, осуществляющих свою трудовую деятельность во вредных и (или) опасных условиях производственной среды, в условиях загрязнения, а также в особых температурных условиях.

Вопрос количественного обеспечения работников средствами индивидуальной защиты к настоящему времени практически решен. Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 767н введены и действуют единые типовые нормы выдачи средств индивидуальной защиты по профессиям (должностям). Однако нельзя игнорировать того, что одной из причин заболеваемости и производственного травматизма, в том числе с тяжелым исходом в ряде случаев является не отсутствие в наличии спецодежды и других средств индивидуальной защиты, а определенные их конструктивные недостатки или несоответствие выполняемой работе.

Интенсивное развитие отраслей промышленности, сельского хозяйства требует улучшения обеспечения работников надежными и качественными средствами индивидуальной защиты, в том числе спецодеждой. Ушло в прошлое стремление «красиво одеть» работника с выбором таких тканей и моделей, что спецодежда и другие средства индивидуальной защиты переставали защищать человека от воздействия вредных и опасных производственных факторов. К настоящему времени имеются унифицированные базовые конструкции спецодежды для различных условий работы, в том числе с учетом климатических особенностей регионов. Стоят следующие очередные задачи – совершенствование этих базовых конструкций средств индивидуальной защиты, в том числе спецодежды, поиск и создание новых недорогих и высококачественных материалов для их изготовления. Важны работы по классификации, унификации изделий, их подгонке, очистке и ремонту. В частности, нужны малоусадочные ткани для спецодежды. По-прежнему актуально повышение прочности крашения и качества пропиток ткани, идущей на пошив спецодежды. Например, обработка текстильных материалов гидрофобными аппретами придает им функции

защиты от неблагоприятных воздействий погодных условий и общих производственных загрязнений. Гидрофобные ткани на основе синтетических волокон широко используются при изготовлении спецодежды (рис. 1).



**Рис. 1. Пошив спецодежды из гидрофобных тканей на основе синтетических волокон**

Созданы волокна с высокой термостойкостью и огнестойкостью, а также материалы на их основе. Применение раствора силана с хлорпарафином в качестве пропитки для материалов на основе натуральных волокон придает им огнестойкость наряду с водоотталкивающими свойствами [1]. Достижение снижения усадки (3,5 % и менее) хлопчатобумажных тканей, применяемых для изготовления спецодежды, обеспечивается не только их обработкой на тканеусадочных машинах, мерсеризацией и щелочной отваркой, но и вложением химических волокон, изменением структуры тканей. Оптимизация параметров строения тканей, введение синтетических волокон обеспечивает возможность замены суконных тканей на облегченные камвольеподобные.

Одним из перспективных путей по созданию материалов для спецодежды можно назвать разработку нетканых текстильных материалов, которые можно получать из смесей разных волокон с последующей пропиткой их химическими составами, придающими им защитные свойства.

Своевременна тематика создания антибактериальных тканей и их использования в спецодежде для медиков, работников, занятых в сельском хозяйстве, на предприятиях торговли и производства пищевых продуктов, общественного питания. Бактериальная загрязненность таких тканей в десятки раз ниже загрязненности обычных тканей. Для сообщения тканям антибактериальных свойств перспективно использование наночастиц серебра [2]. Для придания текстильным материалам, в частности, поли-



эфирным тканям, самоочищающих и антибактериальных свойств используют также модификацию наночастицами диоксида титана [3].

Широкое применение клеев, смол, латексов, синтетических волокон, искусственных кож, пленочных материалов увеличивает потенциальную опасность профессиональных интоксикаций. Развитие химической промышленности, новые методы обработки металлов (электрофизические, электрохимические), расширение средств получения гальванических и лакокрасочных покрытий ведет к использованию целого ряда токсичных и раздражающих веществ (соединения хрома, никеля, кадмия, цианистые соединения, нефтепродукты, кислоты и др.). Это в свою очередь требует совершенствования спецодежды и других средств индивидуальной защиты. В частности, в условиях агрессивных сред (кислоты) могут быть использованы комбинированные костюмы из ткани на основе шерсти с полипропиленом и пленочных материалов на основе хлорсульфированного полиэтилена. Интересны наноструктурированные ткани, устойчивые к воздействию щелочей, нефтепродуктов, кислот, морской воды, устойчивые к стиркам [4, 5]. Последнее качество тоже немаловажно, так как спецодежда и другие средства индивидуальной защиты должны позволять проводить их многократную эффективную очистку. В отдельных случаях ткань спецодежды, например работников нефтебаз и автозаправочных станций, должна эффективно освобождаться от паров горючих веществ при проветривании и только потом подлежит очистке (стирке) [6]. Для изготовления спецодежды работников нефтехимической промышленности используют наноструктурированные ткани (хлопок; хлопок + полиэстер + антистатическая нить; хлопок + антистатическая нить), обрабатываемые потоком неравновесной низкотемпературной плазмы. Обработка обеспечивает получение материалов с низкой проницаемостью для агрессивных сред, устойчивых к воздействию нефти [7]. Существуют хлопчатобумажные нетканые материалы со специальной пропиткой, сохраняющейся после многократных стирок. Такие материалы не горят, не имеют остаточного горения, не тлеют после удаления из пламени и нашли применение для изготовления огнестойкой спецодежды.

При работах, связанных с воздействием открытого пламени, высоких температур окружающей среды, традиционно используется спецодежда на основе брезента, войлока, шерстяных и полушерстяных ватинов с огнезащитной пропиткой. Конечно, эти материалы постепенно уступают место новым материалам, в том

числе многослойным композиционным. Так, современный пакет материалов и тканей, используемых для изготовления куртки, брюк (полукombineзона) работника, состоит из трех слоев: верха, выполненного из негорючего материала, водонепроницаемого слоя из полимерных материалов, теплоизоляционной подкладки. В качестве основного материала предполагается использование нитей негорючих (например, арамидных) волокон [8]. Новые технологии позволили создать и охлаждающую одежду – жилет с вмонтированными в него тонкими трубками, по которым через центральную охлаждающую систему циркулирует охлаждающая жидкость [9].

Очевидно, что уровень работоспособности, травматизма и заболеваемости работников, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях высоких температур окружающей среды, во многом зависит от качества средств индивидуальной защиты. К этому следует добавить, что высокие температуры негативно влияют на зрение работника. Хрусталик глаза чувствителен к воздействиям инфракрасных лучей, которые вызывают его помутнение – так называемую тепловую катаракту, встречающуюся у работников горячих цехов, плавильщиков, сталеваров, кузнецов, стеклодувов. Эта проблема требует тщательной проработки средств защиты глаз. Актуальна также задача защиты глаз от светового излучения оптических квантовых генераторов – лазеров. Наибольшую опасность при эксплуатации лазеров представляет повреждение сетчатки глаза, которое может быть как слабо обратимым, так и тяжелым. Воздействие лазерного излучения малой интенсивности, особенно рассеянного, может даже спустя несколько лет привести к развитию катаракты. Для защиты от лазерного излучения в очках используют светофильтры с различными спектральными характеристиками и оптическими плоскостями.

Уникальны материалы на основе углеродных волокон, выдерживающие воздействие открытого пламени, действие кислот, обладающие токопроводящими свойствами, что существенно для создания обогреваемой одежды, востребованной, в частности, условиях пониженных температур окружающей среды. К техническим тканям такой спецодежды предъявляются требования: олеофобность, устойчивость к действию агрессивных сред; огнестойкость; устойчивость к действию экстремально низких температур. В данном случае в качестве материалов для спецодежды могут быть применены модифицированные различными способами волокнистые материалы: полипропиленовые, полиэфирные [10].

Для условий низких температур окружающей среды целесообразно использование комплектов спецодежды с учетом рационального распределения теплоизоляции относительно поверхности тела человека и его терморегуляторных реакций. Показали эффективность системы локального обогрева с учетом физиологических особенностей организма человека, которые в сравнении с системами общего обогрева имеют меньшую массу и тратят меньше электроэнергии. Возможно проектирование спецодежды на основе модели теплообмена человека [11].

Для работы в условиях низких (как и высоких) температур окружающей среды изготавливается многослойная одежда. При этом возможно сочетание слоев из полимерных пленок, нетканых материалов и тканей на основе натуральных и синтетических волокон. Зачастую подобные изделия оснащены гибкими и миниатюрными датчиками, позволяющими контролировать температуру (рис. 2).



Рис. 2. Датчик контроля температуры, закрепленный на подкладке многослойной одежды

Используются токопроводящие волокна, важные в создании обогреваемой одежды. Интересна также идея «умной» одежды с применением источников энергии, позволяющих вырабатывать, преобразовывать и сохранять тепловую и электрическую энергии в процессе носки одежды [12]. Для защиты от статического электричества при пошиве спецодежды применяют ткани с металлическими нитями, нитями с металлизированным или углеродным покрытиями [13]. Отметим, что технология нанесения частиц металлов на волокна считается устаревшей, поскольку поверхность, покрытая металлом, подвержена износу и коррозии. В настоящее время распространение получили электропроводящие волокна и нити с наночастицами технического углерода. Такие электропроводящие материалы находят применение для изготовления спецодежды работников автозаправочных станций, энергетиков [9].

Как уже отмечалось, развитие технического прогресса приводит к все большему использованию высокопроизводительной техники. Однако, например, применение скоростных машин и механизмов, не имеющих достаточно надежных систем пылеподавления, ведет к значительной запыленности воздуха в рабочей зоне. Для обеспечения безопасности работников в условиях повышенной концентрации пыли востребованы костюмы, изготавливаемые из текстильных материалов, обладающих заданным уровнем антистатических свойств, огнестойкости, пылепроницаемости и пылеемкости [14]. При выборе средств защиты органов дыхания необходимо учитывать присутствие в воздухе не только «респираторной» (5...7 мк) фракции пыли, но и более крупных ее частиц. Важны вопросы создания и совершенствования сорбирующих и фильтрующих материалов для респираторов, масок, унифицирования отдельных узлов этих средств индивидуальной защиты.

В последние годы появилось множество интересных и перспективных разработок, касающихся как конструктивного выполнения спецодежды и других средств индивидуальной защиты, так и материалов для их изготовления. Совершенствуются сорбирующие и фильтрующие материалы. С учетом физиологических реакций организма работников, а также быстро меняющихся условий труда разрабатываются и находят все большее применение многослойные конструкции спецодежды. На практике широко используются синтетические ткани и нетканые материалы, полимерные пленки, активно внедряются нанотехнологии, применяется обработка текстиля низкотемпературной плазмой, ведется поиск решений рациональной переработки текстильных отходов потребления, в том числе спецодежды.

## ВЫВОДЫ

Выработка обоснованных требований к спецодежде и другим средствам индивидуальной защиты, а также материалам для их изготовления возможна только на основе развития комплексных исследований, изучения быстро меняющихся условий труда, физиологических реакций организма работников в производственных условиях, анализа заболеваемости и травматизма. Целесообразными можно считать периодические просмотры выпускаемой промышленностью спецодежды и других средств индивидуальной защиты и материалов для их изготовления с целью отбора наиболее качественных и эффективных для основных профессий работников.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Халилова А. А., Тихонова Н. В., Сайфутдинова И. Ф. Исследование стойкости к открытому пламени натуральных текстильных материалов с водоотталкивающей пропиткой // Технологии и качество. 2024. № 4(66). С. 7–13.
2. Одинцова О. И., Кузьменко В. А., Дмитриева А. Д. Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58, № 8. С. 67–70.
3. Кузнецов О. Ю., Кумеева Т. Ю., Пророкова Н. П. Микробиологическая активность полиэфирных текстильных материалов, модифицированных диоксидом титана // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) : сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума. Иваново : ИВГПУ, 2016. Ч. 1. С. 82–86.
4. Хамматова Э. А. Определение уровня качества образцов наноструктурированных тканей для специальной одежды по показателям надежности после экспериментальных носок и стирок // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2. С. 100–107.
5. Хамматова Э. А. Оценка качества модифицированных хлопчато-бумажных тканей для одежды специального назначения по стойкости к агрессивным средам // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 6. С. 140–146.
6. Хабиров А. Стирка спецодежды: инструкция по применению // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. 2018. № 8. С. 45–60.
7. Гайнутдинов Р. Ф., Хамматова В. В. Исследовательские испытания защитных свойств экспериментальных образцов текстильных материалов, применяемых для производства специальной одежды нефтяников // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) : сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума. Иваново : ИВГПУ, 2016. Ч. 1. С. 52–56.
8. Концепция разработки нового композиционного материала для боевой одежды пожарного / Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, И. М. Чистяков, С. Н. Животягина, Е. В. Стрижак // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) : сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. форума. Иваново : ИВГПУ, 2017. С. 295–298.
9. Сапожников С. В., Сафонов В. В. Перспективность получения и применения электропроводящих текстильных материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) : сб. материалов XXI Междунар. науч.-практ. форума. Иваново : ИВГПУ, 2018. С. 229–232.
10. Бузник В. М., Пророкова Н. П. Синтетические текстильные материалы со специальными свойствами для использования в Арктике // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex) : сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума. Иваново, 2016. С. 20–25.
11. Кудрявцев В. И. Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 2004. 21 с.
12. Основные направления развития инновационных технологий в создании системы энергообеспечения «умной» одежды / А. В. Круглов, Е. С. Телегин, А. Ю. Матрохин, Н. А. Грузинцева // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 25–29.
13. Марченко В. Г., Рыклин Д. Б. Исследование влияния многократных стирок на антистатические свойства тканей для спецодежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1. С. 54–61.
14. Абрамов А. В., Кургузов В. В., Родичева М. В. Численная модель процессов пылепроницаемости текстильных материалов шахтерского костюма // Технологии и качество. 2024. № 4(66). С. 21–27.

## REFERENCES

1. Khalilova A. A., Tikhonova N. V., Sayfutdinova I. F. Study of resistance of natural textile materials with water-repellent impregnation. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2024;4(66):7–13. (In Russ.)
2. Odintsova O. I., Kuzmenko V. A., Dmitrieva A. D. Synthesis and use of silver nanoparticles to impart bactericidal properties to textile materials. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Izvestiya vuzov. Chemistry and chemical technology]. 2015;58,8:67–70. (In Russ.)

3. Kuznetsov O. Yu., Kumeeva T. Yu., Prorokova N. P. Microbiological activity of polyester textile materials, modified of titanium dioxide. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (Smartex)]: collection of materials. XIX International Scientific and Practical the forum. Ivanovo, Ivanovo St. Politech. Univ. Publ., 2016. Part 1. P. 82–86. (In Russ.)
4. Khammatova E. A. Determination of sample quality level nano-structured fabrics for special clothing by reliability indicators after experimental wearing and washings. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;2:100–107. (In Russ.)
5. Khammatova E. A. Quality assessment of modified cotton fabrics for special-purpose clothing by resistance to aggressive environments. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;6:140–146. (In Russ.)
6. Khabirov A. Washing work clothes: instructions for use.\* *Okhrana truda I tekhnika bezopasnosti v selskom khozyajstve* [Occupational health and safety in agriculture]. 2018;8:45–60. (In Russ.)
7. Gainutdinov R. F., Khammatova V. V. Research tests of protective properties of experimental samples used for the production of special clothing of the petroleum. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (Smartex)]: collection of materials. XIX International Scientific and Practical the forum. Ivanovo, Ivanovo St. Politech. Univ. Publ., 2016. Part 1. P. 52–56. (In Russ.)
8. Sorokin D. V., Nikiforov A. L., Chistyakov I. M., Zhivoyagina S. N., Strizhak E. V. The development a new composite material for fighting fire clothing. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (Smartex)]: collection of materials. XX International Scientific and Practical Conference the forum. Ivanovo, Ivanovo St. Politech. Univ. Publ., 2017. P. 295–298. (In Russ.)
9. Sapozhnikov S. V., Safonov V. V. Perspectiveness of obtaining and applycation of electroducting textile materials. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (Smartex)]: collection of materials. XXI International Scientific and Practical Conference the forum. Ivanovo, Ivanovo St. Politech. Univ. Publ., 2018. P. 229–232. (In Russ.)
10. Buznik V. M., Prorokova N. P. Synthetic textile materials with special properties for use in the Arctic. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (Smartex)]: collection of materials. XIX International Scientific and Practical the forum. Ivanovo, 2016. P. 20–25. (In Russ.)
11. Kudryavtsev V. I. Improved technology for designing heat-protective clothing based on refined heat transfer models\*. Autoref. Cand. tech. sci. dis., Novocherkassk, 2004. 21 p. (In Russ.)
12. Kruglov A. V., Telegin E. S., Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A. Main directions for the development of innovative technologies in creating the power supply system of “smart clothing”. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology and Quality]. 2023;2(60):25–29. (In Russ.)
13. Marchenko V. G., Ryklin D. B. Research of repeated washings influence on the antistatic properties of fabrics for workwear. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;1:54–61. (In Russ.)
14. Abramov A. V., Kurguzov V. V., Rodicheva M. V. Numerical model of dust permeability processes of textile materials of a miner's suit. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2024;4(66):21–27. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 02.06.2025

Принята к публикации 09.09.2025

---

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

Научная статья

УДК 687.022

EDN PJRLLR

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-44-50>

**Сергей Дмитриевич Тарасов**

Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

ooo-kk-44@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9830-658X>

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ МЕТОДИКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ С УЧЕТОМ КОНТУРА И ТОПОГРАФИИ КОЖИ

**Аннотация.** В статье приводятся результаты синтеза цифровой модели методики размещения деталей обуви с учетом контура и топографии раскраиваемой кожи. Объектом исследования в данной статье является технологический процесс раскроя кожи при производстве обуви. Предмет исследования в статье – возможности автоматизации процесса раскроя. Синтез математической модели включает в себя создание цифрового двойника раскраиваемой кожи, разработку методики размещения деталей обуви внутри контура раскраиваемой кожи. Синтез цифрового двойника раскраиваемой кожи выполнен с помощью использования алгоритмов машинного зрения. Разработана методика выделения топографических участков кожи. Разработка методики размещения деталей обуви осуществлена с использованием принципов булевой геометрии. Методика размещения деталей разработана с возможностью выбора одного из восьми направлений на плоскости, выбора начальной точки размещения деталей. Разработанная математическая модель методики размещения деталей реализована в программе.

**Ключевые слова:** детали обуви, кожа, топография кожи, методика размещения деталей обуви, математическая модель контура материала, цифровой двойник контура материала, контур материала, процент использования площади материала

**Для цитирования.** Тарасов С. Д. Математическая и программная модель адаптивной методики размещения деталей обуви с учетом контура и топографии кожи // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 44–50. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-44-50>.

Original article

**Sergey D. Tarasov**

Kostroma State University, Kostroma, Russia

## MATHEMATICAL AND SOFTWARE MODEL OF THE ADAPTIVE METHOD OF PLACING SHOE PARTS TAKING INTO ACCOUNT THE CONTOUR AND TOPOGRAPHY OF THE LEATHER

**Abstract.** The article presents the results of the synthesis of a digital model of the technique for placing shoe parts taking into account the contour and topography of the cut leather. The object of the study in this article is the technological process of cutting leather in shoe manufacturing. The subject of the study in the article includes the possibilities of cutting process automation. The synthesis of the mathematical model includes the creation of a digital twin of the cut leather, the development of a technique for placing shoe parts inside the contour of the cut leather. The synthesis of the digital twin of the cut leather is performed using machine vision algorithms. A technique for identifying topographic areas of leather is developed. The technique for placing shoe parts is developed using the principles of Boolean geometry. The technique for placing parts is developed with the ability to select one of eight directions on the plane, select the starting point for placing parts. The developed mathematical model of the technique for placing parts is implemented in the program.

**Keywords:** shoe parts, leather, leather topography, method of shoe parts placement, mathematical model of material contour, digital twin of material contour, material contour, percentage of material area utilization

**For citation:** Tarasov S. D. Mathematical and software model of the adaptive method of placing shoe parts taking into account the contour and topography of the leather. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 44–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-44-50>.

Оригинальная методика размещения деталей обуви на листе материала со сложным контуром представлена в статье [1]. Методика основана на использовании принципов булевой геометрии, один из которых в применении к задаче размещения деталей внутри сложного контура материала выражается логическим выражением

$$S_d = S_{\Pi}, \quad (1)$$

где  $S_d$  – площадь полигона детали;

$S_{\Pi}$  – площадь пересечения полигона детали и полигона, образованного контуром материала.

Для нахождения места размещения полигона детали внутри полигона, образованного контуром материала, осуществляется последовательный поиск путем дискретного движения центра симметрии детали по оси  $X$  с величиной шага  $h_x$ , а также с промежуточными шагами по оси  $Y$  с величиной шага  $h_y$ .

Под центром симметрии в настоящей работе понимается точка, координаты которой вычисляются как

$$X_{\Pi} = \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}, \quad Y_{\Pi} = \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2},$$

где  $x_{\max}$ ,  $y_{\max}$  – максимальные координаты контура детали;

$x_{\min}$ ,  $y_{\min}$  – минимальные координаты контура детали.

Промежуточные шаги по оси  $Y$  выполняются тогда, когда центр симметрии детали прошел от начальной точки до крайней правой точки контура материала по оси  $X$  (до линии  $x = x_{\max}$ ), но деталь при этом не разместилась. Каждый шаг по оси  $X$  сопровождается провер-

кой выражения (1) на истинность [1]. Начальной точкой движения детали является в этом случае точка  $(X_{\min}, Y_{\min})$  контура материала – с этой точкой совмещается центр симметрии детали путем сдвига. Схема поиска места размещения для детали представлена на рисунке 1, а. Если на одном из шагов выражение (1) оказывается истинным, то положение полигона детали фиксируется, деталь считается размещенной. Для того чтобы исключить наложение следующей детали на уже размещенную деталь, производится вычисление геометрической разности между полигоном материала и полигоном размещенной детали. Пример геометрической разности показан на рисунке 1, б.

На рисунке 1, а места проверки равенства (1) совпадают с положениями центров симметрии деталей. После вычисления геометрической разности методика повторяет операции со следующей деталью. Также следует отметить, что контуры материала и деталей строго привязаны к координатной сетке и представлены в формате наборов координат каждого контура:  $[[X_1, Y_1], [X_2, Y_2], \dots, [X_n, Y_n]]$ .

Представленная в статье [1] методика показала эффективность по критерию процента использования площади материала. Но в исходном виде данная методика не может быть применена на раскройном оборудовании, так как в ней реализовано только одно направление размещения деталей – вдоль оси  $X$  с промежуточными шагами по оси  $Y$  [1, с. 364–365]. Тогда как для симметричного размещения относительно хребтовой линии кожи требуется минимум два направления. Это требование к методике объясняется рекомендациями к размещению деталей на коже [2, с. 112–113].

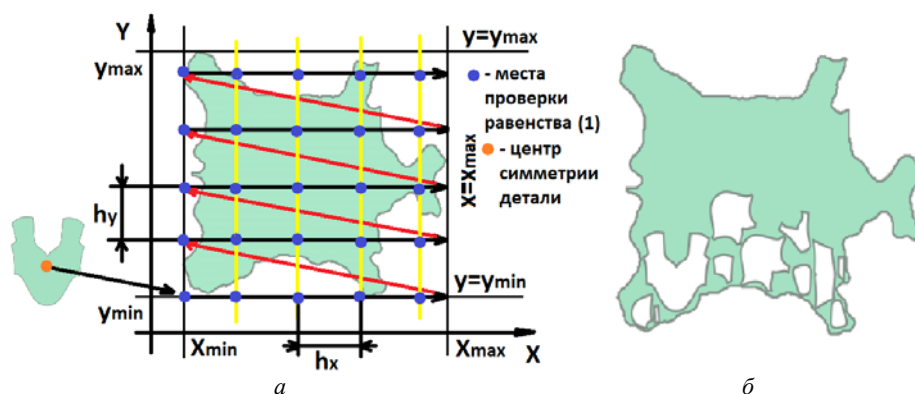


Рис. 1. Принцип исходной методики размещения:

а – схема поиска деталью места для размещения;

б – геометрическая разность между полигоном материала и полигонами размещенных деталей

В исходной методике только одно направление размещения – вдоль положительного направления оси  $X$  с промежуточными шагами по положительному направлению оси  $Y$ . Назовем такое направление размещения деталей  $XY$ . На плоскости возможно реализовать 8 направлений размещения. Схемы размещения деталей в зависимости от выбранного направления представлены на рисунке 2. Рассмотрим их более подробно:

1)  $XY$ : Из крайней левой нижней точки к крайней правой верхней точке материала. Основное движение детали – по оси  $X$  в положительном направлении (по горизонтали). Промежуточные шаги – по оси  $Y$  в положительном направлении;

2)  $X-Y$ : Из крайней левой верхней точки к крайней правой нижней точке. Это направление критически важно для симметричного размещения. Основное движение детали – по оси  $X$  в положительном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $Y$  в отрицательном направлении;

3)  $YX$ : Из крайней левой нижней точки к крайней правой верхней точке. Основное движение детали – по оси  $Y$  в положительном на-

правлении (по вертикали). Промежуточные шаги – по оси  $X$  в положительном направлении;

4)  $Y-X$ : Из крайней правой нижней точки к крайней левой верхней точке. Основное движение детали – по оси  $Y$  в положительном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $X$  в отрицательном направлении;

5)  $-XY$ : Из крайней правой нижней точки к крайней левой верхней точке. Основное движение детали – по оси  $X$  в отрицательном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $Y$  в положительном направлении;

6)  $-X-Y$ : Из крайней правой верхней точки к крайней левой нижней точке. Основное движение детали – по оси  $X$  в отрицательном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $Y$  в отрицательном направлении;

7)  $-YX$ : Из крайней левой верхней точки к крайней правой нижней точке. Основное движение детали – по оси  $Y$  в отрицательном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $X$  в положительном направлении;

8)  $-Y-X$ : Из крайней правой верхней точки к крайней левой нижней точке. Основное движение детали – по оси  $Y$  в отрицательном направлении. Промежуточные шаги – по оси  $X$  в отрицательном направлении.

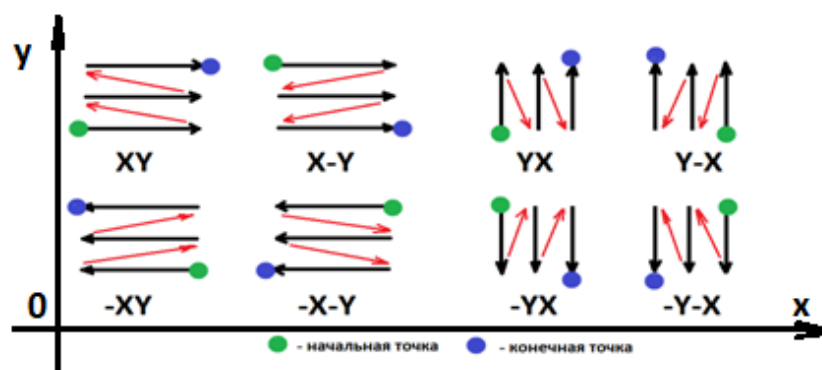


Рис. 2. Схемы размещения деталей внутри контура материала

Вне зависимости от направления размещения деталей базовыми остаются принципы: а) равенства площадей детали и материала; б) геометрическая разность. Изменяется только схема движения детали. Методика была реализована в виде программной функции. Функция должна принимать на вход следующие аргументы: контур кожи, набор деталей (в виде файла формата CUT), направление размещения, значения величин шагов по осям  $X$  и  $Y$ , а также начальную точку размещения деталей. Последний аргумент заслуживает особого внимания. Начальная точка размещения необходима для того, чтобы оператор имел возможность выбрать конкретную область на раскраиваемой коже.

Если такая точка не указана, функция по умолчанию размещает детали, начиная с крайней точки контура материала. Крайняя начальная точка определяется выбором направления размещения. Результаты размещения деталей с выбором направлений представлены на рисунке 3.

Из рисунка видно, что каждое размещение деталей уникально, несмотря на сходство результатов по столбцам. Результаты размещения деталей на контуре материала с явным указанием начальной точки представлены на рисунке 4.

Начальная точка, вне зависимости от того, указана она явно или это крайняя точка материала, будет совпадать с центром симметрии



каждой размещаемой детали. Начальная точка – это начальное положение центров симметрий размещаемых деталей.

Для реализации размещения, симметричного относительно хребтовой линии кожи, требуется задействовать два направления –  $XU$

и  $X-Y$ . Размещение с направлением  $XU$  необходимо реализовать на верхней половине кожи, размещение  $X-Y$  необходимо реализовать на нижней половине кожи. Результат симметричного размещения деталей представлен на рисунке 5.

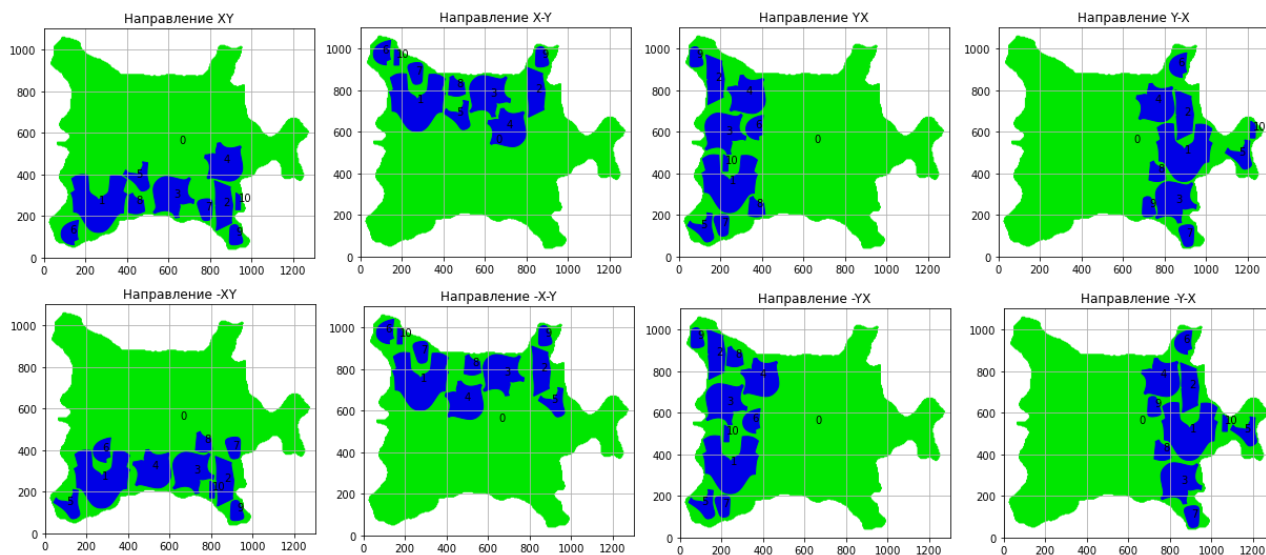


Рис. 3. Результаты размещения деталей обуви в зависимости от выбранного направления без указания начальной точки размещения

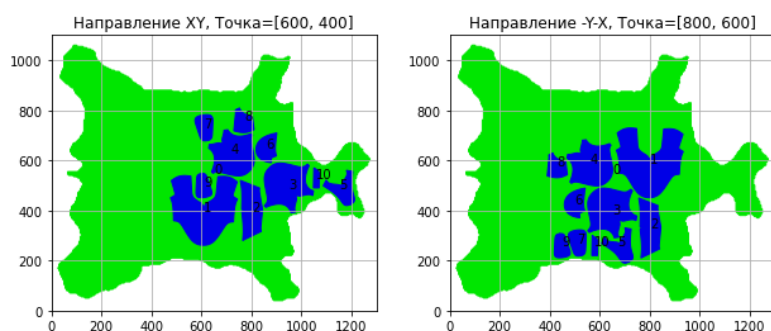


Рис. 4. Размещение деталей с явным указанием начальной точки размещения



Рис. 5. Симметричное размещение набора деталей обуви

Разработанная адаптивная методика размещения деталей обуви внутри контура раскраиваемого материала была испытана на раскройном станке АРК 1500 [3, 4]. На рабочую область раскройного стола была положена хромовая полукожа, на которой специальным маркером обозначена граница чепрачной части кожи и порока. Контур раскраиваемой кожи, границы чепрачной части и порока были выделены с помощью алгоритмов машинного зрения [5]. Далее произведена коррекция размеров полученных контуров с помощью опорного контура – границы раскройного стола, который имеет размеры 1,5×1,0 м. Выделенный контур полукожи, полигон, образованный данным контуром, – это цифровой двойник данной полукожи, т. е. циф-

ровой двойник раскраиваемого материала. Фотография раскройного стола АРК 1500 с разложенной кожей представлена на рисунке 6.

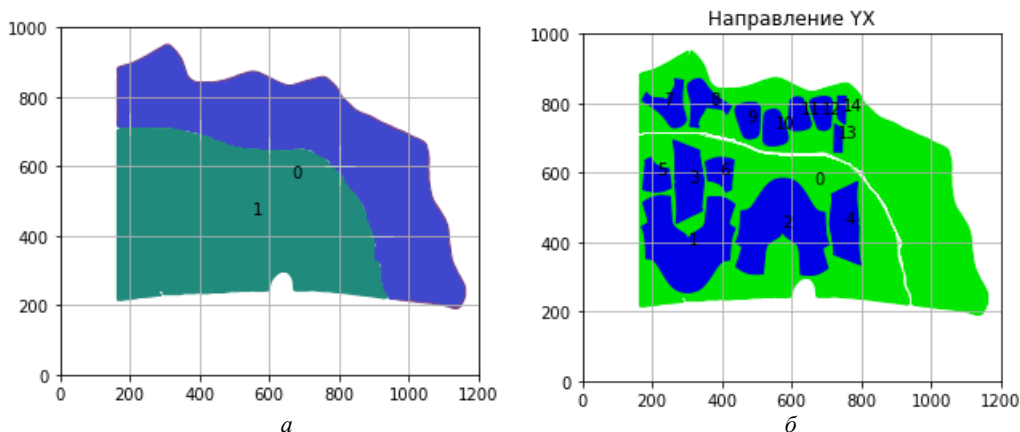


Рис. 6. Кожа на раскройном столе

На выделенных топографических участках кожи посредством разработанной методики были размещены детали обуви согласно степени ответственности данных деталей. Ответственные детали размещены на чепрачной части кожи, менее ответственные – на полах. Рекомендации по размещению деталей в зависимости от их степени ответственности приведены в лите-

ратуре [6]. Степень ответственности детали кодируется в файле CUT. Цифровой двойник кожи с выделенными участками представлен на рисунке 7, а. Результат размещения деталей на топографических участках кожи с помощью адаптивной методики представлен на рисунке 7, б.

Процент использования площади материала для каждого размещения приведен в таблице.



**Рис. 7. Результат применения предложенной методики\*:**

а – цифровой двойник раскраиваемой кожи (синим обозначены полы, зеленым – чепрак);  
б – размещение деталей на участках в соответствии со степенью ответственности деталей

Т а б л и ц а

Использование площади материала

Вариант размещения деталей	Использование площади материала, %
Рис. 2, XY	52,7
Рис. 2, X-Y	50,3
Рис. 2, YX	64,2
Рис. 2, Y-X	62,5
Рис. 2, -XY	65,9
Рис. 2, -X-Y	57,1
Рис. 2, -YX	63,3
Рис. 2, -Y-X	63,5
Рис. 3, XY	64,5
Рис. 3, -Y-X	67,8
Рис. 5	66,7
Рис. 7, б	41,5

Существует зависимость между выбранным направлением размещения и процентом использования площади материала. Однако аналитического выражения для этой зависимости не существует, это случайный фактор, который обусловлен формой полигона материала и формами деталей. Низкий процент использования материала в последней строке объясняется тем, что при разделении кожи на участки раскроя возникли значительные пространства незаполненного деталями материала (см. табл.).

Разработанная методика реализована в виде программной библиотеки на языке Python. В библиотеке также реализована возможность

перезаписывать файлы CUT, где содержатся исходные координаты контуров деталей. Это позволяет в перспективе напрямую использовать библиотеку на раскройном комплексе АРК 1500, а не интегрировать ее в компьютер станка. Предложенная методика размещения деталей качественно отличается от классических некомбинаторных методов размещения, таких как bottom-left [7] тем, что учитывает контуры деталей и материала, тогда как эти методы работают с прямоугольными материалами и деталями. Методика также отличается и от комбинаторных методов размещения [8, 9], реализованных в таких программах, как [10, 11], в аспекте управляемости процессом, так как комбинаторные методы не реализуют различные направления и начальные точки.

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

## ВЫВОДЫ

Разработанная методика позволила решить следующие задачи:

- учет сложного контура раскраиваемой кожи при размещении деталей;
- возможность выбора оператором станка оптимального направления и начальной точки размещения;
- синтез цифрового двойника раскраиваемой кожи;
- выделение топографических участков на коже;
- размещение деталей обуви на разных топографических участках в зависимости от ответственности деталей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасов С. Д., Староверов Б. А., Лапшин В. В. Программа оптимального размещения шаблонов деталей обуви с учетом контура раскраиваемого материала // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кострома : Костромской государственный университет, 2025. С. 363–367.
2. Иванов Н. Н., Лиокумович Х. Х. Технология обуви : учебник. М. : Легкая индустрия, 1970. 408 с.
3. Разработка конкурентоспособного автоматизированного раскройного комплекса материалов / В. В. Лапшин, М. П. Левыкин, Б. А. Староверов, А. А. Кузнецов // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2023) : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф. Витебск : ВГТУ, 2023. С. 44–48.
4. Использование современных технологий раскроя материалов в рамках импортозамещения / А. А. Кузнецов, В. В. Лапшин, М. П. Левыкин, А. Ш. Иргашева // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. С. 196–198.
5. Программная библиотека машинного зрения OpenCV : офиц. сайт разработчиков. URL: <https://opencv.org> (дата обращения: 19.03.2025).
6. Фурашова С. Л., Милюшкова Ю. В. Технология раскроя и основы рационального использования материалов : лабораторный практикум. Витебск : ВГТУ, 2020. 100 с.
7. Dowsland K. A., Vaid S., Dowsland W. B. An algorithm for polygon placement using a bottom-left strategy // European Journal of Operational Research. 2002. Vol. 141, is. 2. P. 371–381.
8. Thomas J., Chaudhari N. S. A new metaheuristic genetic-based placement algorithm for 2D strip packing // Journal of Industrial Engineering International. 2014. Vol. 10, No 47. P. 1–16.
9. Enhancing two dimensional irregular pattern packing using a modified genetic algorithm and image processing / Longhui Meng, Liang Ding, Maen Atli, Aqib Mashood Khan, Yicai Shan, Muhammad Umar Farooq // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2025. Vol. 155. P. 111040.
10. Описание программы SVGNest : офиц. сайт разработчиков. URL: <https://svgnest.com> (дата обращения: 21.04.2025).
11. Описание программы DeepNest : офиц. сайт разработчиков. URL: <https://deepnest.io> (дата обращения: 21.04.2025).

## REFERENCES

1. Tarasov S. D., Staroverov B. A., Lapshin V. V. Program for optimum placement of shoes parts templates taken into account the contour of the material to be cutted. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2025. P. 363–367. (In Russ.)
2. Ivanov N. N., Liokumovich Kh. Kh. Shoe technology. Moscow, Legkaya industry Publ., 1970. 408 p. (In Russ.)
3. Lapshin V. V., Levykin M. P., Staroverov B. A., Kuznecov A. A. Development of a competitive automated cutting complex for materials. *Innovacii v tekstile, odezhde, obuvi (ICTAI-2023)* [Innovations in textiles, clothing, footwear (ICTAI-2023)]. Vitebsk, 2023. P. 44–48. (In Russ.)
4. Kuznecov A. A., Lapshin V. V., Levykin M. P., Irgasheva A. Sh. Use of modern technologies for cutting materials as part of import substitution. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. P. 196–198. (In Russ.)
5. OpenCV machine vision software library: official website of the developers. URL: <https://opencv.org> (accessed 19.03.2025).

6. Furashova S. L., Milyushkova Yu. V. Cutting technology and the basics of rational use of materials. Vitebsk, Vitebsk. St. Tekh. Univ. Publ., 2020. 100 p. (In Russ.)
7. Dowsland K. A., Vaid S., Dowsland W. B. An algorithm for polygon placement using a bottom-left strategy. *European Journal of Operational Research*. 2002;141,2:371–381.
8. Thomas J., Chaudhari N. S. A new metaheuristic genetic-based placement algorithm for 2D strip packing. *Journal of Industrial Engineering International*. 2014;10,47:1–16.
9. Meng L., Ding L., Atli M., Khan A. M., Shan Y., Farooq M. U. Enhancing two dimensional irregular pattern packing using a modified genetic algorithm and image processing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2025;155:111040.
10. Description of the SVGNest program: official website of the developers. URL: <https://svgnest.com> (accessed 21.04.2025).
11. Description of the DeepNest program: official website of the developers. URL: <https://deepnest.io> (accessed: 21.04.2025).

Статья поступила в редакцию 21.06.2025

Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья

УДК 621.792.6

EDN RUWXGM

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-51-58>

**Ксения Юрьевна Стрункина**<sup>1</sup>

**Павел Николаевич Рудовский**<sup>2</sup>

**Сергей Владимирович Палочкин**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко, г. Кострома, Россия

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

<sup>3</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>1</sup> [strunkina.ksyu@mail.ru](mailto:strunkina.ksyu@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0000-7366-7891>

<sup>2</sup> [pavel\\_rudovsky@mail.ru](mailto:pavel_rudovsky@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

<sup>3</sup> [palnigs@mail.ru](mailto:palnigs@mail.ru); <https://orcid.org/0009-0005-6192-0243>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ УКЛАДКИ НИТЕЙ АРМИРУЮЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ

**Аннотация.** Статья посвящена совершенствованию алгоритма построения траекторий укладки нитей армирующего наполнителя в композиционных материалах. Рассмотрены ключевые проблемы, возникающие при программной реализации алгоритма, включая определение граничных точек модели, обеспечение симметричного разбиения на конечные элементы, предотвращение пересечений кривых укладки и зависимость расположения нитей от выбора стартовых точек. Авторы предлагают практические решения для каждой из этих проблем, такие как алгоритм идентификации граничных точек с использованием секторного анализа окрестностей, методы оптимизации сетки в Ansys Workbench, а также подходы к устранению пересечений кривых за счет регулировки параметра точности  $\Delta$ , а также создание более равномерной структуры укладки. Результаты демонстрируются на примере конкретной модели, подтверждая эффективность предложенных методов. Разработанный алгоритм позволяет автоматизировать процесс построения траекторий укладки, что способствует повышению прочности и устойчивости композиционных материалов.

**Ключевые слова:** композиционные материалы, армирующий наполнитель, алгоритм укладки, равномерность укладки нитей, конечно-элементный анализ, главные напряжения, граничные точки

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 25-29-00164).

**Для цитирования.** Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н., Палочкин С. В. Совершенствование алгоритма построения траекторий укладки нитей армирующего наполнителя // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 51–58. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-51-58>

Original article

**Ksenia Yu. Strunkina**<sup>1</sup>

**Pavel N. Rudovsky**<sup>2</sup>

**Sergey V. Palochkin**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Military Academy of Radiation, Medical and Biological Defense named after Marshal of the Soviet Union S. K. Timoshenko, Kostroma, Russia

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

<sup>3</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

## IMPROVEMENT OF THE ALGORITHM FOR CONSTRUCTING TRAJECTORIES FOR LAYING REINFORCING FILLER THREADS

**Abstract.** The article is devoted to improving the algorithm for constructing the trajectories of laying reinforcing filler threads in composite materials. The key problems arising in the software implementation of the algorithm considered, include determining the boundary points of the model, ensuring symmetrical partitioning into finite elements, preventing intersections of laying curves, and dependence of the thread location on

*the choice of starting points. The authors propose practical solutions for each of these problems, such as an algorithm for identifying boundary points using sector analysis of neighbourhoods, mesh optimisation methods in Ansys Workbench, as well as approaches to eliminating curve intersections by adjusting the accuracy parameter  $\Delta$ , and creating a more uniform laying structure. The results demonstrated, use a specific model as an example, confirming the effectiveness of the proposed methods. The developed algorithm allows automating the process of constructing laying trajectories, which helps to increase the strength and stability of composite materials.*

**Keywords:** composite materials, reinforcing filler, laying algorithm, thread laying uniformity, finite element analysis, principal stresses, boundary points

**Acknowledgements:** the research was carried out with the financial support of the grant from the Russian Science Foundation (project No. 25-29-00164).

**For citation:** Strunkina K. Yu., Rudovsky P. N., Palochkin S. V. Improvement of the algorithm for constructing trajectories for laying reinforcing filler threads. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 51–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-51-58>.

Механические свойства композиционных материалов в значительной степени зависят от направления армирования по отношению к направлению приложения нагрузок. Поскольку прочность армирующего наполнителя существенно выше прочности материала матрицы, то увеличить прочность композита можно за счет повышения доли наполнителя в его составе [1–4] или за счет более эффективного его использования [5]. В научной статье [6] показано, что в случае совпадения направления нагружения и направления армирования наблюдается наиболее эффективное использование прочности армирующего наполнителя при прочих равных условиях.

При использовании в качестве наполнителя тканых структур направления армирования имеют постоянные по всему объему материала направления: по основе или по утку. При этом обеспечить совпадение направления армирования и направления главных напряжений во всех точках детали возможно только для простых напряженных состояний, таких как растяжение, сжатие, кручение и изгиб [7, 8]. При сложном напряженном состоянии, характерном для большинства деталей машин, главные напряжения имеют разные направления в разных точках.

Для формирования армирующего наполнителя определенной толщины из тканей их укладывают слоями друг на друга с последующей пропиткой материалом матрицы. Это ведет к низкой устойчивости таких материалов к нагрузкам, сдвигающим слои. Для повышения устойчивости композиционных материалов к таким нагрузкам используют 3D-ткани [9, 10]. Однако при этом учесть особенности нагружения детали в каждом отдельном случае не удастся.

Создать армирующий наполнитель с изменяющейся ориентацией нитей при переходе от точки к точке можно, используя технологию программируемой раскладки с помощью специ-

ального 3D-принтера [11, 12]. Задача построения траекторий укладки нитей армирующего наполнителя таким образом, чтобы их направление в каждой точке совпадало с направлением главных напряжений, поставлена в наших исследованиях [13, 14] и решалась в работе [15]. Здесь предложен алгоритм и программное обеспечение, позволяющее рассчитать траектории укладки нитей текстильного наполнителя вдоль кривых, соответствующих направлениям главных напряжений. В нечетных слоях предполагается укладка нитей по кривым вдоль наибольшего главного напряжения  $\alpha_1$ , а в четных – вдоль наименьшего главного напряжения  $\alpha_3$ . Данный метод позволяет сформировать армирующий наполнитель таким образом, чтобы добиться максимальной прочности детали.

В процессе разработки методики расчета и алгоритма ее реализации был выявлен ряд вспомогательных задач, решение которых позволяет поднять уровень автоматизации алгоритма и повысить его качество.

К таким задачам относятся:

- 1) выявление узловых точек, находящихся на границе модели;
- 2) обеспечение равномерного и симметричного разбиения геометрической модели на совокупность конечных элементов;
- 3) обеспечение равномерного без пересечений расположения кривых укладки армирующего наполнителя;
- 4) равномерное распределение нитей армирующего наполнителя по поверхности детали.

Согласно предложенному алгоритму [15] построение кривых укладки нитей армирующего наполнителя начинается с узловой точки, расположенной на контуре детали, т. е. граничной точки. Поэтому алгоритм построения кривых укладки армирующего наполнителя нужно дополнить алгоритмом определения граничных точек.

Поскольку модель детали может иметь сложную геометрическую форму, а также содержать отверстия, нахождение граничных точек модели существенно затрудняется. Нет возможности определить, расположена ли точка на границе, простым отбором максимальных и минимальных значений координат по каждой оси. Для решения этой задачи предлагается следующий алгоритм.

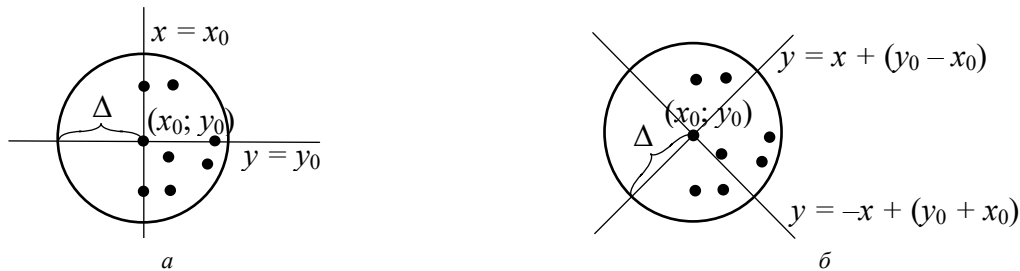
Для рассматриваемой точки с координатами  $(x_0; y_0)$  проведем окрестность радиусом  $\Delta$  (рис. 1). Отметим, что  $\Delta$  выбирается в соответствии с максимальным размером конечных элементов

(параметр *Element Size*), который указывается на этапе построения конечно-элементной сетки.

Разделим полученную окружность двумя способами на 4 сектора и подсчитаем количество точек, попавших в каждый сектор (рис. 1, б).

Граничными будем называть такие точки, в окрестности которых имеется хотя бы один пустой (не содержащий других точек) сектор.

Математически алгоритм сводится к проверке выполнения восьми систем неравенств для каждой узловой точки. Каждая система неравенств позволяет определить, имеются ли в заданном секторе рядом с проверяемой точкой другие точки в пределах расстояния  $\Delta$  (табл.).



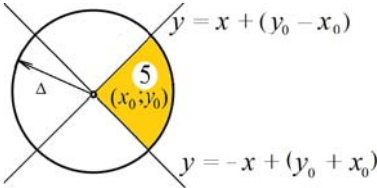
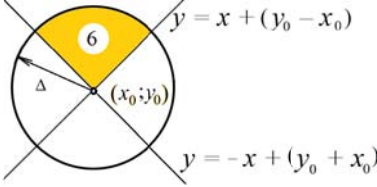
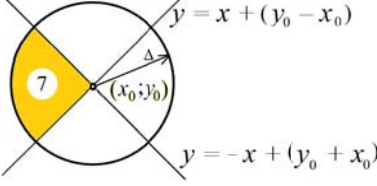
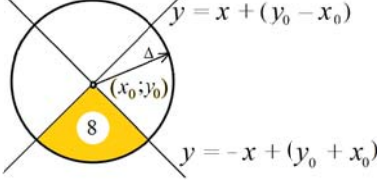
**Рис. 1. Деление окрестности точки:**  
а – прямыми, параллельными осям координат;  
б – прямыми, являющимися биссектрисами I и II координатных четвертей

Т а б л и ц а

Расположение сектора	Система неравенств
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ x_1 \geq x_0 \\ y_1 \geq y_0 \end{cases} \quad (1)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ x_1 \leq x_0 \\ y_1 \geq y_0 \end{cases} \quad (2)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ x_1 \leq x_0 \\ y_1 \leq y_0 \end{cases} \quad (3)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ x_1 \geq x_0 \\ y_1 \leq y_0 \end{cases} \quad (4)$



О к о н ч а н и е   т а б л .

Расположение сектора	Система неравенств
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ y_1 \leq x_1 + (y_0 - x_0) \\ y_1 \geq x_1 + (y_0 + x_0) \end{cases} \quad (5)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ y_1 \geq x_1 + (y_0 - x_0) \\ y_1 \geq x_1 + (y_0 + x_0) \end{cases} \quad (6)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ y_1 \geq x_1 + (y_0 - x_0) \\ y_1 \leq x_1 + (y_0 + x_0) \end{cases} \quad (7)$
	$\begin{cases} \begin{cases} x_1 \neq x_0 \\ y_1 \neq y_0 \end{cases} \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \leq \Delta^2 \\ y_1 \leq x_1 + (y_0 - x_0) \\ y_1 \leq x_1 + (y_0 + x_0) \end{cases} \quad (8)$

Таким образом можно определить граничные точки в том случае, если контур детали содержит внутренние углы больше  $45^\circ$ . В противном случае необходимо разбиение окрестности на большее число секторов.

Решение следующих задач рассмотрим на примере модели, изображенной на рисунке 2.

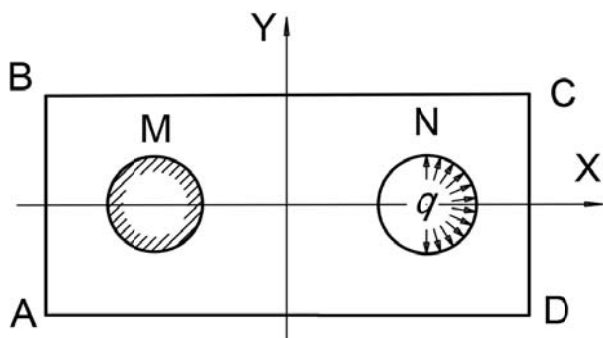


Рис. 2. Исследуемая модель

В рассматриваемой модели жестко зафиксировано левое отверстие М, на правую часть правого отверстия N приложено давление. Модель симметрична относительно оси X.

Второй задачей является обеспечение равномерного и симметричного разбиения геометрической модели на совокупность конечных элементов.

В среде *Ansys Workbench* по умолчанию для создания конечно-элементной сетки используется объект *Mesh*. Однако он далеко не всегда обеспечивает равномерное распределение конечных элементов. Для моделей, имеющих сложное геометрическое строение, конечные элементы часто принимают различные формы и сильно отличаются по размеру (рис. 3).

Для решения проблемы отличающихся по размеру конечных элементов достаточно добавить в объект *Mesh* закладку *Sizing* и указать необходимый размер элементов в параметре *Element Size*.

Для приведения конечных элементов к одной форме необходимо добавить в *Mesh* инструмент *Face Meshing*. Этот инструмент отвечает за создание структурированной сетки конечных элементов.

Однако в случае сложной геометрической формы модели указанный объект применяется

некорректно: либо выдает ошибку, либо не срабатывает вовсе. В этом случае необходимо преобразовать виртуальную топологию модели. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) на этапе создания геометрической модели в режиме *Geometry* создать на границах модели точки, через которые будут проходить отрезки, разбивающие топологию модели на части. Отметим, что количество и место расположения точек зависят от геометрических свойств исследуемой модели;
- 2) в режиме *Model* перейти в раздел *Virtual Topology* (в дереве проекта выбрать *Model*, затем найти на ленте инструментов раздел *Virtual Topology*);
- 3) выбрать две точки, через которые должен пройти отрезок, разделяющий топологию модели. Затем на ленте инструментов вкладки *Virtual Topology* нажать на *Split Face at Vertices*. Данный пункт необходимо повторить для всех пар точек, которые были созданы на первом этапе.

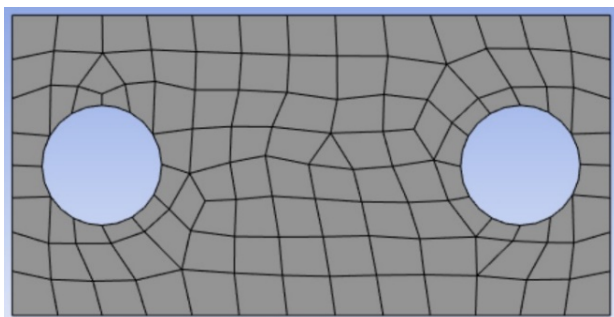


Рис. 3. Конечно-элементная сетка исследуемой модели с автоматическими параметрами объекта *Mesh*

Поскольку касательные к кривым укладки армирующего наполнителя в каждой точке совпадают с направлением главных напряжений, то они не могут совпадать и тем более пересекаться. Однако из приведенного на рисунке 5 распределения кривых укладки армирующего наполнителя видно, что кривые располагаются неравномерно и в местах сгущения, отмеченных красными окружностями, совпадают. Причиной этого является приближенный характер конечно-элементного расчета. Совпадение линий возможно в том случае, когда расстояние между линиями становится меньше величины  $\Delta$ , используемой для определения усредненного значения направления главных напряжений в алгоритме, приведенном в работе [15].

Устранение указанного недостатка алгоритма можно обеспечить за счет уменьшения величины  $\Delta$  в  $n$  раз, что позволит соответственно повысить точность расчета кривой укладки. Для

И только после преобразования виртуальной топологии применим объект *Face Meshing*. В результате будем иметь следующее разбиение модели на совокупность конечных элементов (рис. 4).

Объект *Mesh* среды *Ansys Workbench* даже для симметричных моделей создает асимметричную сетку конечных элементов. В дальнейшем это ведет к неточностям, а также к отсутствию симметрии в конечных решениях.

Для устранения этой проблемы исходная модель детали разрезается по оси симметрии (ось  $X$ ). Расчет проводится только для одной части, например, расположенной ниже оси  $X$ . При этом с помощью инструмента *Displacement* по линии разреза запрещается перемещение в направлении оси  $Y$ . Решение для рассматриваемой задачи показано на рисунке 5. Для получения полной картины расположения нитей армирующего наполнителя решение, полученное для нижней части, симметрично отображается на верхнюю.

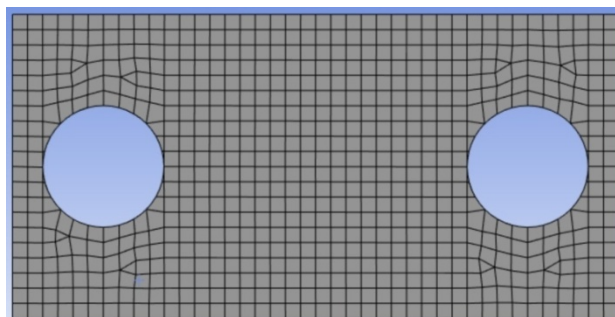


Рис. 4. Конечно-элементная сетка исследуемой модели с примененными объектами *Element Size* и *Face Meshing*

получения требуемой плотности линий необходимо строить их через  $(n - 1)$  граничную точку.

На рисунке 5 приведено построение всех кривых укладки при определенном значении  $\Delta$ , а на рисунке 6 через 5 линий. На последнем рисунке видно, что наложение линий практически устранено.

При построении кривых укладки из граничных точек возможно образование достаточно больших зон, по которым не проходят линии укладки нитей армирующего наполнителя. Это хорошо видно на рисунке 6. Устранить их можно, если начать построение не от граничной точки, а из точки внутри зоны, свободной от линий, построенных по алгоритму [15]. Выбор соответствующих точек производится вручную. В последующем планируется разработка критерия для их выбора и автоматизация процесса.

Траектории укладки нитей армирующего наполнителя показаны на рисунке 7.

Красным на рисунке 7 показаны нити, заполняющие пустые зоны. Они могут не иметь общих точек с границами детали.

### ВЫВОДЫ

1. По результатам анализа алгоритма укладки нитей армирующего наполнителя по направлениям, совпадающим с направлением главных напряжений выявлен ряд недостатков, снижающих его эффективность.

2. Предложены алгоритмические решения, позволяющие определять положение граничных точек на контуре модели.

3. Обоснованы инструменты для построения рациональной конечно-элементной сетки методами *Ansys Workbench*.

4. Предложена методика построения траекторий укладки нитей армирующего наполнителя с требуемой плотностью укладки.

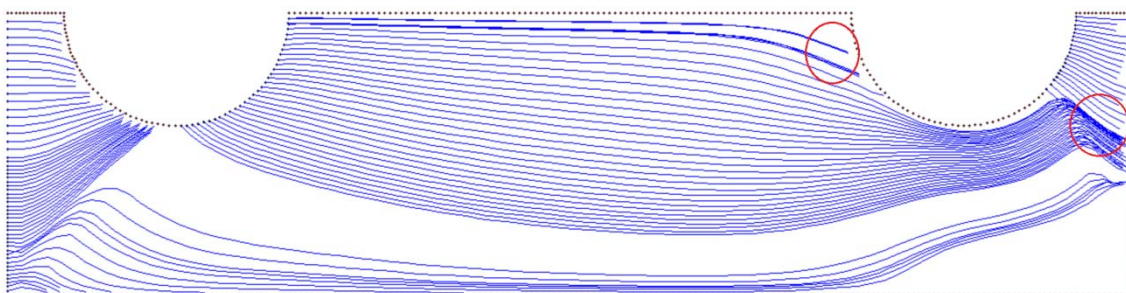


Рис. 5. Распределение кривых укладки армирующего наполнителя в исследуемой модели\*

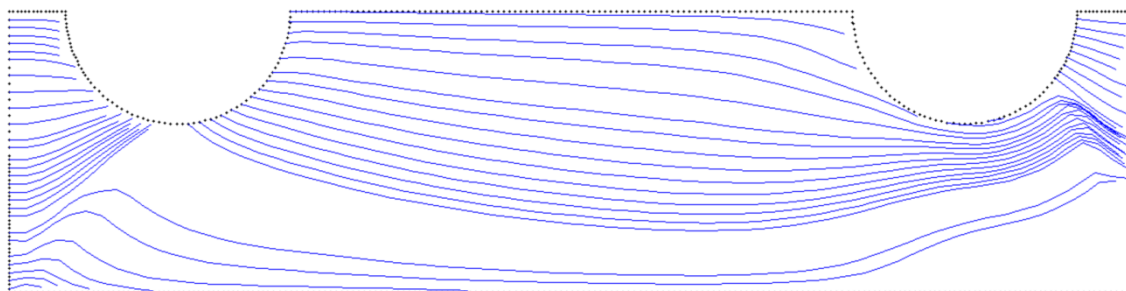


Рис. 6. Расположение кривых укладки армирующего наполнителя в случае их построения из каждой пятой граничной точки

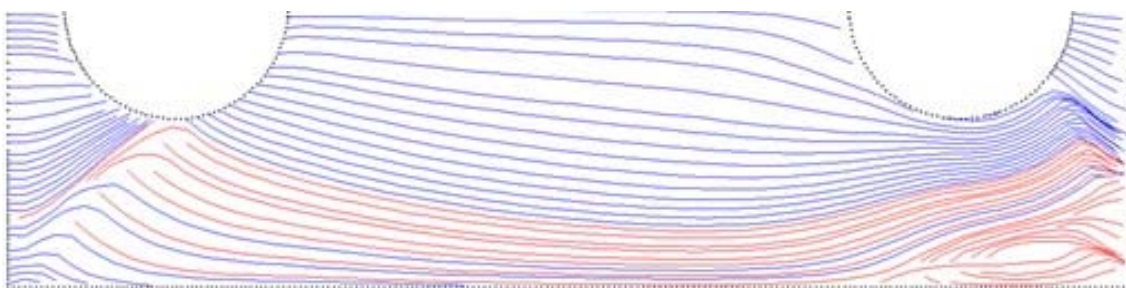


Рис. 7. Скорректированные траектории укладки нитей армирующего наполнителя\*

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об использовании комплексных нитей для армирования волокнистых композиционных материалов, применяемых в нефтегазовой отрасли / М. И. Панин, В. М. Капустин, А. Е. Цимбалюк, Р. В. Хакимов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6(396). С. 103–106.
2. Исследование влияния натяжения нити при перематывании на удельную плотность бобин сомкнутой намотки / С. Д. Николаев, М. И. Панин, М. М. Кашеева, Н. А. Николаева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4(318). С. 55–58.

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

3. Панин М. И. Исследование прочностных характеристик мотальных паковок специального назначения с помощью разверток // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8(329). С. 40–44.
4. Анализ текстильных структур армирующих компонентов композиционных материалов и выбор областей их применения / М. И. Панин, А. Р. Гареев, А. П. Карпов, Д. С. Максимова, Н. А. Корчинский // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2023. № 2(145). С. 15–28.
5. Рудовский П. Н., Гречухин А. П., Палочкин С. В. Рациональное армирование деталей из композиционных материалов тканями с переменной плотностью по утку // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2015. № 2(35). С. 21–23.
6. Влияние укладки и угла несоосности на механические свойства волокнисто-армированных стеклопластиков / Л. М. Кун, В. Чжэн, С. Б. Ван, Г. Д. У, Я. Я. Ци, Я. Цз. Сюэ, Б. Ч. Ван, Х. М. Сюй // Механика композитных материалов. 2021. Т. 57, № 4. С. 783–796.
7. Grechukhin A. P., Seliverstov V. Y., Rudovskiy P. N. The method of determination of yarn bending rigidity and friction factor during interaction of fibers // The Journal of the Textile Institute. 2017. Vol. 108, No 12. P. 2067–2072.
8. Гречухин А. П., Рудовский П. Н. Развитие теории строения и формирования однослойных тканей. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2017. 171 с.
9. Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала / А. П. Гречухин, С. Н. Ушаков, П. Н. Рудовский, С. В. Палочкин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 5(377). С. 111–115.
10. Влияние величины смещения слоя горизонтального утка на плотность расположения вертикальных слоев нитей при формировании трехмерных ортогональных тканей / С. Н. Ушаков, А. П. Гречухин, П. Н. Рудовский, С. В. Палочкин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 6(378). С. 96–100.
11. Azarov A. V., Latysheva T. A., Khaziev A. R. Optimal design of advanced 3D printed composite parts of rocket and space structures // Advances in Composite Science and Technology (ACST 2019). IOP Conf. Series : materials Science and Engineering. M., 2020. T. 934. C. 012062.
12. Косых П. А., Азаров А. В. Алгоритм топологической оптимизации композитных конструкций, основанный на анализе главных напряжений // Инженерный журнал: наука и инновации. 2023. № 12(144). С. 1–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-topologicheskoy-optimizatsii-kompozitnyh-konstruktsiy-osnovannyi-na-analize-glavnyh-napryazheniy/viewer> (дата обращения: 26.04.2025).
13. Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н. Выбор рационального направления армирования композитов на текстильной основе // Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS “EESTE-2024”) : сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. симпозиума, посвященного 120-летию со дня рождения П. Г. Романкова. М., 2024. С. 312–316.
14. Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н. Повышение прочности композиционных материалов на текстильной основе путем выбора рационального направления армирования // Цифровые технологии в производстве : материалы Всерос. науч.-техн. конф. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2024. С. 56–60.
15. Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н. Алгоритм расчета направлений укладки текстильного армирующего наполнителя с учетом напряженного состояния детали // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 29–35.

## REFERENCES

1. Panin M. I., Kapustin V. M., Tsymbalyuk A. E., Khakimov R. V. On the use of complex yarns for reinforcing fibrous composite materials used in the oil and gas industry. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2021;6(396):103–106. (In Russ.)
2. Nikolaev S. D., Panin M. I., Kashcheyeva M. M., Nikolaeva N. A. Study of the effect of thread tension during rewinding on the specific density of close-wound bobbins. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2009;4(318):55–58. (In Russ.)

3. Panin M. I. Study of the strength characteristics of special-purpose winding packages using reamers. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2010;8(329):40–44. (In Russ.)
4. Panin M. I., Gareev A. R., Karpov A. P., Maksimova D. S., Korchinsky N. A. Analysis of textile structures of reinforcing components of composite materials and selection of their application areas. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N. E. Baumana. Seriya Mashinostroenie* [Bulletin of the Moscow State Technical University named after N. E. Bauman. Series Mechanical Engineering]. 2023;2(145):15–28. (In Russ.)
5. Rudovsky P. N., Grechukhin A. P., Palochkin S. V. Rational reinforcement of parts made of composite materials with fabrics with variable density by weft. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kostroma State Technological University]. 2015;2(35):21–23. (In Russ.)
6. Kong L. M., Zheng W., Wang X. B., Wu G. D., Qi Ya. Ya., Xue Y. J., Wang B. Ch., Xu H. M. Effects of layering types and fiber off-axis angle on the mechanical properties of s-glass-fiber-reinforced composites. *Mekhanika kompozitnyh materialov* [Mechanics of composite materials]. 2021;57,4:783–796. (In Russ.)
7. Grechukhin A. P., Seliverstov V. Y., Rudovskiy P. N. The method of determination of yarn bending rigidity and friction factor during interaction of fibers. *The Journal of the Textile Institute*. 2017;108,12:2067–2072.
8. Grechukhin A. P., Rudovsky P. N. Development of the theory of structure and formation of single-layer tissues. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2017. 171 p. (In Russ.)
9. Grechukhin A. P., Ushakov S. N., Rudovsky P. N., Palochkin S. V. Determination of rational parameters of the thread threading system during the formation of three-dimensional orthogonal woven fibrous material. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;5(377):111–115. (In Russ.)
10. Ushakov S. N., Grechukhin A. P., Rudovsky P. N., Palochkin S. V. The influence of the displacement value of the horizontal weft layer on the density of the arrangement of vertical layers of threads during the formation of three-dimensional orthogonal fabrics. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;6(378):96–100. (In Russ.)
11. Azarov A. V., Latysheva T. A., Khaziev A. R. Optimal design of advanced 3D printed composite parts of rocket and space structures // *Advances in Composite Science and Technology (ACST 2019)*. IOP Conf. Series : materials Science and Engineering. Moscow, 2020. Vol. 934. P. 012062.
12. Kosykh P. A., Azarov A. V. Algorithm for topological optimization of composite structures based on the analysis of principal stresses. *Inzhenerny jzhurnal: nauka i innovacii* [Engineering Journal: Science and Innovations] 2023. No. 12(144). P. 1–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-topologicheskoy-optimizatsii-kompozitnyh-konstruktsiy-osnovanny-na-analize-glavnyh-napryazheniy/viewer> (accessed 26.04.2025). (In Russ.)
13. Strunkina K. Yu., Rudovsky P. N. Selection of a Rational Direction of Reinforcement of Textile-Based Composites. In the collection: *Improving Energy and Resource Efficiency, Environmental and Technological Safety of Processes and Apparatus in the Chemical and Related Industries (ISTS “EESTE-2024”)*. Collection of scientific papers of the international scientific and technical symposium dedicated to the 120th anniversary of the birth of P. G. Romankov. Moscow, 2024. P. 312–316. (In Russ.)
14. Strunkina K. Yu., Rudovsky P. N. Increasing the strength of textile-based composite materials by choosing a rational reinforcement direction. In the collection: *Digital technologies in production*. Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2024. P. 56–60. (In Russ.)
15. Strunkina K. Yu., Rudovsky P. N. Algorithm for calculating the directions of laying textile reinforcing filler taking into account the stress state of the part. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025. No 2(68). P. 29–35. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 29.07.2025  
Принята к публикации 09.09.2025



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 74.01

EDN ONPSNF

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-59-65>

**Цветана Сергеевна Филенко**

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Москва, Россия

[tsvetka13@bk.ru](mailto:tsvetka13@bk.ru); <https://orcid.org/0009-0009-4745-0926>

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В УСТОЙЧИВОМ ДИЗАЙНЕ РЕКЛАМЫ: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ КЕЙСОВ

**Аннотация.** В статье затрагивается проблематика использования нейросетей в устойчивом дизайне рекламы. Приведен анализ применения нейросетей в устойчивом дизайне рекламы на примере российских кейсов для выявления особенностей их использования. Выявлены основные направления применения нейросетей при конструировании визуальной части рекламы; представлены результаты анализа российских кейсов с позиции устойчивости и технологической эффективности; сформулированы выводы об особенностях использования нейросетей в рекламной коммуникации в контексте устойчивого дизайна, о стремительном росте влияния цифровых технологий и искусственного интеллекта на развитие устойчивого дизайна в визуальных коммуникационных стратегиях.

**Ключевые слова:** дизайн, устойчивый дизайн, нейросеть, рекламная коммуникация, цифровые технологии, коммуникационная кампания, визуальное решение, визуальная коммуникация

**Для цитирования.** Филенко Ц. С. Использование нейросетей в устойчивом дизайне рекламы: анализ современных российских кейсов // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 59–65. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-59-65>.

Original article

**Tsvetana S. Filenko**

Kosygin State University of Russia (Technology. Design. Art), Moscow, Russia

### THE USE OF NEURO-NETWORKS IN SUSTAINABLE ADVERTISING DESIGN: AN ANALYSIS OF MODERN RUSSIAN CASES

**Abstract.** The article deals with the problem of using neural networks in sustainable advertising design. The analysis of using neural networks in sustainable advertising design on Russian cases to identify the peculiarities of their use is presented. The main directions of neural networks application in the design of the visual part of advertising are identified presenting the results of the analysis of Russian cases from the position of sustainability and technological efficiency; conclusions are formulated about the peculiarities of neural networks use in advertising communication in the context of sustainable design, about the rapid growth of the influence of digital technologies and artificial intelligence on the development of sustainable design in visual communication strategies.

**Keywords:** design, sustainable design, neural network, advertising communication, digital technology, communication campaign, visual solution, visual communication

**For citation:** Filenko Ts. S. The use of neuro-networks in sustainable advertising design: an analysis of modern russian cases. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 59–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-59-65>.

Современная рекламная индустрия переживает трансформацию под влиянием цифровых технологий и меняющихся общественных запросов. Одним из ключевых направлений развития становится устойчивый дизайн – подход, направленный на создание визуальной продукции, отвечающей принципам экологичности, социальной ответственности и эстетической уместности. Параллельно с этим активно развивается искусственный интеллект, в частности, нейросетевые технологии, которые находят все более широкое применение в сфере дизайна и визуальной коммуникации.

Актуальность темы обусловлена необходимостью переосмысления визуальных стратегий брендов в контексте устойчивого развития и цифровизации. Использование нейросетей в дизайне позволяет автоматизировать рутинные процессы, создавать персонализированный контент и адаптировать визуальные решения к особенностям восприятия разных сегментов аудитории [1]. Однако не всегда используемые технологии ведут к действительно устойчивым, экологичным и эффективным результатам. Востребованным представляется изучение того, как использование нейросетей происходит в российской рекламной среде – с ее уникальным культурным контекстом и визуальными кодами.

Цель исследования: провести анализ применения нейросетей в устойчивом дизайне рекламы на примере российских кейсов для выявления особенностей их использования.

Задачи исследования: выявить основные направления применения нейросетей при конструировании визуальной части рекламы; провести анализ российских кейсов с позиции устойчивости и технологической эффективности; сформулировать выводы об особенностях использования нейросетей в рекламной коммуникации в контексте устойчивого дизайна.

Объектом исследования выступают визуальные рекламные проекты российских брендов, созданные с применением нейросетевых технологий.

Предметом исследования являются особенности взаимодействия нейросетевых инструментов и принципов устойчивого дизайна в рекламной коммуникации.

Методология исследования основывается на качественном анализе визуального контента с опорой на принципы визуальной семиотики, устойчивого дизайна и медиаанализа.

Понятие устойчивого дизайна в визуальной коммуникации сформировалось в рамках более широкой концепции устойчивого разви-

тия и отражает стремление к созданию визуального продукта, который не только функционален и эстетичен, но также соответствует экологическим, социальным и культурным требованиям [2]. В контексте рекламы устойчивый дизайн предполагает отказ от избыточного визуального шума, использование экологичных форматов, акцент на смыслах, ценностях бренда и честной коммуникации с аудиторией [3].

Согласно исследованиям М. А. Панской и Н. В. Черновой, устойчивый дизайн сегодня становится частью маркетинговой стратегии брендов, стремящихся продемонстрировать социальную ответственность [4, 5]. Это особенно актуально в контексте растущего запроса аудитории на этичную, осмысленную и экологичную коммуникацию.

Нейросетевые технологии в последние годы оказали значительное влияние на процессы создания визуального контента, в том числе в рамках рекламной коммуникации [6, 7]. Генеративные нейросети, такие как Midjourney, DALL·E, StableDiffusion, позволяют создавать изображения на основе текстовых запросов, стилизовать фотоматериалы, автоматически адаптировать визуальные решения под разные форматы и аудитории. Это меняет как методы работы дизайнеров, так и сам характер визуальной культуры [8].

Нейросети в дизайне действуют одновременно как инструмент и как соавтор, генератор идей и визуальных решений. Они могут усиливать выразительность визуальных образов, ускорять рабочие процессы и снижать затраты. Однако использование нейросетей связано с различными вызовами – от этических вопросов (например, использование чужих стилей и образов) до риска визуальной однотипности и обесценивания авторского подхода [9; 10].

Современная визуальная реклама в России находится на стыке западных трендов и локальной культурной специфики. Как отмечают российские авторы, визуальная традиция отечественной рекламы опирается на сильные визуальные метафоры, эмотивность и узнаваемые архетипы [11, 12]. Это создает уникальную коммуникативную среду, в которой взаимодействие нейросетей и устойчивого дизайна приобретает особый характер.

Современные российские кейсы демонстрируют разный уровень осознанности в использовании нейросетей: от экспериментов для повышения популярности рекламы до глубоких концептуальных решений, где искусственный интеллект становится смыслообразующим фак-



тором. При этом устойчивость не всегда понимается в контексте парадигмы устойчивого дизайна – скорее, как корректное визуальное воплощение и отображение ценностей бренда в рекламе, внимание к деталям и уход от навязчивой манипуляции.

Приведем анализ визуальной составляющей российских рекламных кейсов, выполненных с применением нейросетей.

Рассмотрим коммуникационную кампанию Digital Generation 2024 года бренда Gloria Jeans, ориентированную на подростков поколения альфа. Коммуникационная кампания была полностью создана с помощью технологий искусственного интеллекта. Концепция коммуникационной кампании строится вокруг идеи пересечения реального и цифрового миров, которая является важной характеристикой нового поколения. Визуальный стиль проекта отличается использованием приглушенных пастельных оттенков, минималистичного фона с элементами фантазийной среды (например, глянцевые шары), а также акцентом на естественную позу и выражение лица модели.

Коллекция одежды отражает тренды 2000-х годов в современной переработке: велюровые костюмы, сетчатые юбки, акцентные лонгсливы. Замысел коммуникационной кампании – смелое движение в будущее, открытость переменам и вера в возможность реализации самых амбициозных идей.

Фон рекламных макетов (рис. 1, 2), созданных с помощью искусственного интеллекта, выполнен в минималистичной эстетике – в них отсутствуют лишние визуальные элементы, что снижает уровень визуального шума и активизирует восприятие основного рекламного образа. Отказ от физического производства декораций и части фотоконтента в пользу AI-генерации снижает углеродный след проекта, что соответствует принципам устойчивого дизайна визуальных коммуникаций. Акцент на демонстрации предметов модной коллекции без многочисленных визуальных элементов делает рекламу практичной и понятной для целевой аудитории.

Коммуникационная кампания транслирует ценности представителей поколения альфа – открытость, индивидуальность, креативность. Использование нейросетей при разработке коммуникационной кампании усиливает идею перехода в цифровую эпоху, делая коммуникацию более аутентичной для молодых потребителей.

Кейс Digital Generation демонстрирует удачное применение нейросетей в устойчивом

дизайне рекламы: сочетание минималистичной эстетики, цифровых технологий и акцент на ценности целевой аудитории позволили создать эффективное и экологичное рекламное сообщение.



**Рис. 1. Рекламный постер коммуникационной кампании Digital Generation бренда Gloria Jeans для интернет-размещения, 2024**

Источник: <https://festival-center.ru/novosti-i-aktsii/novyy-kampeyn-dlya-podrostkov-digital-generation-v-magazine-gloria-jeans-na-vtorom-etazhe.html>



**Рис. 2. Рекламный постер коммуникационной кампании Digital Generation бренда Gloria Jeans для социальных сетей, 2024**

Источник: [https://vk.com/search?q=digital%20generation%20gloria%20jeans&w=wall-34882047\\_28485](https://vk.com/search?q=digital%20generation%20gloria%20jeans&w=wall-34882047_28485)

В третьем квартале 2024 года вышла рекламная кампания наружной рекламы маркетплейса Wildberries «Всё ищите на WB», ориентированная на продвижение ключевых товарных категорий – одежды и обуви. В рамках кампании были использованы визуальные элементы, созданные с помощью нейросетей: генеративные изображения товара в обобщенном виде без соотнесения с конкретными брендами. Дизайн билбордов основан на чистых цветовых градиентах, минималистичных текстах и узнаваемых элементах фирменного стиля бренда Wildberries. Изображения товаров (платья, ботинки, сумки) представлены в стилизованной цифровой форме, акцентируя внимание на товарной категории, а не на отдельной позиции (рис. 3).

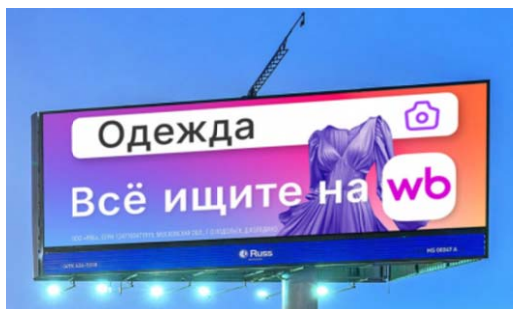


Рис. 3. Наружная реклама коммуникационной кампании «Всё ищите на WB», 2024

Источник: <https://www.sostav.ru/publication/kampaniya-vse-ishchite-na-wb-73529.html>

С одной стороны, понятные и лаконичные визуальные решения без многообразных деталей облегчают восприятие информации целевой аудиторией в условиях городской среды. Использование AI созданных изображений нивелирует потребность в реальной фотосъемке, транспортировке и изготовлении моделей, что оказывает влияние на сокращение экологического следа компании. Упрощенная визуальная стилистика позволяет масштабировать кампанию на различные форматы наружной рекламы (билборды, цифровые панели, печатные материалы).

С другой стороны, образы платьев, ботинок и сумок, созданные нейросетью, выглядят абстрактно и обобщенно, что снижает эмоциональную вовлеченность аудитории. Отсутствие конкретных брендов и персонализации в рекламном сообщении может затруднить формирование эмоциональной связи с потребителем. Также при масштабном использовании нейросетевых решений без должного контроля за креативными решениями возникает риск получения однотипных образов, что противоречит принципу художественной выразительности и уникальности продуктов устойчивого дизайна в визуальной коммуникации.

Таким образом, кейс бренда Wildberries демонстрирует, что нейросети могут эффективно поддерживать принципы устойчивого дизайна в наружной рекламе за счет минимализма и экологичности процессов. Однако механическое применение искусственного интеллекта может приводить к снижению выразительности и эмоциональной силы коммуникации.

В 2024 году бренд «М.Видео» создал собственного виртуального амбассадора по имени Эм.Ви. Цифровой персонаж, разработанный с использованием технологий игрового 3D-моделирования и инструмента Unreal Engine, представляет собой фотореалистичный аватар, способный взаимодействовать с аудиторией

в реальном времени (рис. 4). Эм.Ви оснащен технологиями motioncapture, AI-моделями обработки речи и интеграцией с языковыми моделями GPT-уровня. Благодаря этому он может проводить стримы, вести беседы с пользователями и помогать им ориентироваться в ассортименте товаров и сервисов.

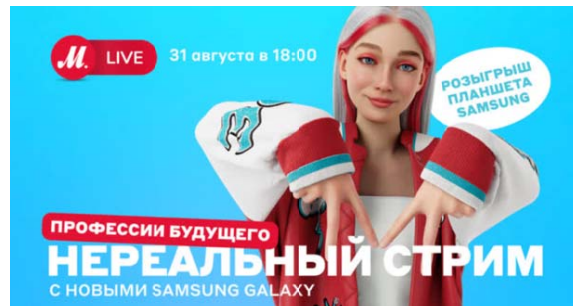


Рис. 4. Рекламный баннер с виртуальным амбассадором бренда «М.Видео», 2024  
Источник: [https://vk.com/video-14524722\\_456241803](https://vk.com/video-14524722_456241803)

С позиции устойчивого дизайна можно выделить положительные проявления разработанного решения (виртуального амбассадора).

Во-первых, многократное использование образа: виртуальный амбассадор не стареет, не требует проведения традиционных фотосессий, перелетов и затратных съемок, что снижает углеродный след.

Во-вторых, экономия ресурсов, которая проявляется в отсутствии необходимости создания физической продукции для съемок (декорации, одежда, реквизит), так как все генерируется цифровыми средствами.

В-третьих, гибкость, так как виртуальный персонаж может быть быстро адаптирован к разным коммуникационным кампаниям, форматам и каналам продвижения без дополнительных затрат на производство.

В-четвертых, персонализация, поскольку цифровые аватары потенциально способны лучше учитывать потребности разных аудиторий, предлагая персонализированное взаимодействие.

Однако в данном решении могут быть выявлены слабые стороны, выражающиеся в возрастающих энергозатратах на поддержание цифровой инфраструктуры: хотя физические съемки заменяются виртуальными, дата-центры и рендеринг 3D-графики также требуют значительных энергетических ресурсов.

Возрастает риск обезличивания в коммуникационной кампании: при чрезмерной виртуализации бренда может снизиться ощущение «человечности» и доверия, особенно среди представителей более возрастной аудитории.

Таким образом, кейс с виртуальным амбассадором Эм.Ви иллюстрирует, как интеграция технологий 3D-моделирования и искусственного интеллекта может способствовать более устойчивому дизайну рекламы, минимизируя физические ресурсы и расширяя возможности персонализации. Отметим, что необходимым является соблюдение баланса между технологичностью и сохранением эмоциональной связи с аудиторией.

Проведенный анализ современных рекламных кампаний российских брендов (Gloria Jeans, Wildberries, «М.Видео») свидетельствует

о стремительном росте влияния цифровых технологий и искусственного интеллекта на развитие устойчивого дизайна в визуальных коммуникационных стратегиях. Применение генеративного искусственного интеллекта, 3D-моделирования и виртуальных амбассадоров позволяет брендам достигать ряд целей: оптимизировать ресурсные затраты, сокращать экологический след рекламных проектов и формировать более глубокую и персонализированную связь с аудиторией.

Сравнительная характеристика подвергнутых анализу кейсов представлена в таблице.

Т а б л и ц а

Анализ современных российских кейсов

Критерий анализа	Рекламные кампании брендов		
	Gloria Jeans	Wildberries	«М.Видео»
Визуальный стиль	Приглушенные пастельные оттенки; минималистичный фон с элементами фантазийной среды; акцент на естественной позе и выражении лица модели	Упрощенная визуальная стилистика; понятные и лаконичные визуальные решения без многообразных деталей; чистые цветовые градиенты, узнаваемые элементы фирменного стиля бренда Wildberries	Яркий, фотореалистичный аватар, контрастные цвета, привлекающие внимание аудитории
Особенности визуальных образов	Цифровая стилизация; эмоциональная связь с аудиторией через конструируемый образ представителя целевой аудитории	Цифровая стилизация; абстрактные и обобщенные образы, снижающие эмоциональную связь с аудиторией	Визуальный амбассадор, который может быть быстро адаптирован с учетом потребностей разных аудиторий, предлагая персонализированное взаимодействие
Концепция коммуникационной кампании	Идея пересечения реального и цифрового миров	Идея продвижения товара в обобщенном виде, без соотнесения с конкретными брендами с помощью сгенерированных AI-изображений	Идея коммуникации с потребителями с помощью цифрового персонажа, который может вести беседы с пользователями и помогать им ориентироваться в ассортименте товаров и сервисов
Используемые цифровые технологии	Технологии искусственного интеллекта для разработки визуальных решений	Технологии искусственного интеллекта для разработки визуальных решений	Технологии игрового 3D-моделирования; инструмент Unreal Engine; технология motioncapture, AI-модель обработки речи и интеграция с языковыми моделями GPT-уровня

Каждый из рассмотренных кейсов иллюстрирует различные подходы к генерации визуальных решений с помощью искусственного интеллекта в контексте устойчивого дизайна.

В коммуникационной кампании Digital Generation бренда Gloria Jeans акцент сделан на цифровой стилизации визуальных образов и применении нейросетей для создания контента, что минимизирует традиционные издержки фотосъемок.

В наружной рекламе бренда Wildberries представлен фокус на лаконичные, цифрово-ориентированные решения, призванные упростить путь потребителя без увеличения визуального или физического «шума» в городской среде.

Проект «М.Видео» с виртуальным амбассадором Эм.Ви отражает потенциал использования передовых технологий для создания устойчивых моделей бренд-коммуникации, которые могут функционировать с минимальным вовлечением физических ресурсов.

Таким образом, переход к устойчивому дизайну в рекламе посредством технологий искусственного интеллекта сегодня не только технологически оправдан, но и имеет социальное значение. Применение технологий искусственного интеллекта при разработке визуальных решений в рекламе способствует формированию новых этических стандартов в коммуникационной индустрии, стимулирует развитие от-

ветственного потребления и формирует перспективы для экологически ориентированных инноваций.

В будущем можно ожидать более активное внедрение визуальных решений, генерируемых

при помощи искусственного интеллекта, при этом особое внимание должно уделяться энергоэффективности технологий, вопросам цифровой этики и балансу между виртуальными и реальными форматами взаимодействия с аудиторией.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Панкратова А. В. Визуальный контент нейросетей как возвращение к симулякру третьего порядка // Культура и искусство. 2024. № 2. С. 1–12.
2. Родькин П. Е. Устойчивый дизайн как источник будущего: концептуальные проблемы и вызовы // Коммуникации. Медиа. Дизайн. 2022. Т. 7, № 3. С. 129–147.
3. Филенко Ц. С., Рыбаулина И. В., Петушкова Г. И. Визуальные дизайн-решения в социальной рекламе в контексте устойчивого дизайна // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С. Г. Строганова. 2024. № 1-2. С. 318–330.
4. Панская М. А. Использование искусственного интеллекта в маркетинге // Новое в науке и образовании : материалы Междунар. ежегодной науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону : Манускрипт, 2023. С. 326–332.
5. Червова Н. В. Применение нейросетей в управлении продажами, маркетинге и рекламе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 6. С. 278–282.
6. Куринова Д. Г., Куринов Е. И. Применение нейросетей в рекламной практике // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 6(50). С. 259–263.
7. Зимина Л. О., Сваровская Е. Б. К вопросу об эффективности использования нейросетей в рекламной коммуникации // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 4(107). С. 388–390.
8. Шестак Я. М., Казакова Н. Ю. Современная художественная практика в эпоху искусственного интеллекта // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С. Г. Строганова. 2025. № 1-2. С. 217–233.
9. Суханов М. Б., Медведева А. А., Мальгунова Н. А. Использование нейронных сетей в дизайне текстиля // Дизайн. Материалы. Технология. 2014. № 1(73). С. 177–183.
10. Использование возможностей искусственного интеллекта в рекламе / Д. А. Шевченко, Е. М. Крюкова, В. В. Зеленов, В. В. Галстян // Практический маркетинг. 2024. № 1(319). С. 60–64.
11. Тимохович А. Н. Анализ кросс-культурной составляющей современной рекламы // Диалоги о культуре и искусстве : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Пермь : Пермский гос. ин-т культуры, 2024. С. 81–84.
12. Савельева О. О., Трубникова Н. В. Российская история рекламы. М. : Дашков и К°, 2025. 575 с.

#### REFERENCES

1. Pankratova A. V. The visual content of neural networks as a return to the third-order simulacrum. *Kul'tura i iskusstvo* [Culture and Art]. 2024;2:1–12. (In Russ.)
2. Rod'kin P. E. Sustainable design as a source of the future: conceptual problems and challenges. *Kommunikacii. Media. Dizajn* [Communications. Media. Design]. 2022;7,3:129–147. (In Russ.)
3. Filenko Ts. S., Rybaulina I. V., Petushkova G. I. Visual design decisions in social advertising in the context of sustainable design. *Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda. Vestnik RGHPU im. S. G. Stroganova*. [Decorative Art and Environment. Gerald of the RGHPU]. 2024;1-2:318–330. (In Russ.)
4. Panskaya M. A. Use of artificial intelligence in marketing. *Novoe v nauke i obrazovanii: Materialy Mezhdunarodnoj ezhegodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [New in science and education: Materials of the International Annual Scientific and Practical Conference]. Rostov-on-Don : Manuscript Publ., 2023. P. 326–332. (In Russ.)
5. Chervova N. V. Application of neural networks in sales management, marketing and advertising. *Gumani-tarnye, social'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki* [Humanities, socio-economic and social sciences]. 2024;6:278–282. (In Russ.)
6. Kurenova D. G., Kurenov E. I. Application of neural networks in advertising practice. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Naturally-humanitarian researches]. 2023;6(50):259–263. (In Russ.)
7. Zimina L. O., Svarovskaya E. B. To the question about the effectiveness of using neural networks in advertising communication. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of Science, Culture, Education]. 2024;4(107):388–390. (In Russ.)

8. Shestak Ya. M., Kazakova N. Yu. Modern art practice in the era of artificial intelligence. *Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda. Vestnik RGHPU im. S. G. Stroganova* [Decorative Art and Environment. Herald of the RGHPU]. 2025;1-2:217–233. (In Russ.)
9. Suhanov M. B., Medvedeva A. A., Mal'gunova N. A. Use of neural networks in textile design. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2014;1(73):177–183. (In Russ.)
10. Shevchenko D. A., Kryukova E. M., Zelenov V. V., Galstyan V. V. Using the possibilities of artificial intelligence in advertising. *Prakticheskij marketing* [Practical Marketing]. 2024;1(319):60–64. (In Russ.)
11. Timohovich A. N. Analysis of cross-cultural component of modern advertising. *Dialogi o kul'ture i iskusstve: materialy XIV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Dialogues about culture and art: materials of the XIV All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Perm, Perm St. Institute of Culture Publ., 2024. P. 81–84. (In Russ.)
12. Savel'eva O. O., Trubnikova N. V. Russian history of advertising. Moscow, Dashkov & K° Publ., 2025. 575 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 02.07.2025

Принята к публикации 09.09.2025



# ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 7.2

EDN GYQIUD

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-66-71>

Виктория Николаевна Саданова<sup>1</sup>

Евгения Петровна Драгунова<sup>2</sup>

Анастасия Евгеньевна Авраменко<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

sadanova@mirea.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0927-4774>

dragunova@mirea.ru,

avramenko@mirea.ru; <https://orcid.org/0009-0005-2766-6843>

## ГРАДИЕНТ КАК СРЕДСТВО РАБОТЫ С ЦВЕТОМ В ПРОЦЕССЕ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные направления и виды цветовых градиентов, выстроенных на свойствах цвета. Определены основные способы применения цветовых градиентов в процессе проектирования художественных изделий. Выявлена их роль при создании визуально гармоничных композиций и определены формы их использования, которые в дальнейшем позволят дизайнерам эффективно передавать смысл и конструкцию изделия. Проведен анализ градиентов и определены их типы, а также определена степень их влияния на восприятие цвета и формы. Также рассмотрены практические аспекты использования градиентов в различных направлениях дизайна, таких как промышленный и графический дизайн, иллюстрация, анимация, в частности, технология анодирования в художественных изделиях. Статья подчеркивает значимость градиентов как инструмента для создания различных эффектов в дизайне, а также их влияние на эмоциональное восприятие зрителя.

**Ключевые слова:** градиент цвета, градиентные инструменты, анодирование, градиенты в дизайне, восприятие цвета, проектирование в дизайне, дизайн-проектирование

**Для цитирования.** Саданова В. Н., Драгунова Е. П., Авраменко А. Е. Градиент как средство работы с цветом в процессе дизайн-проектирования художественных изделий // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 66–71. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-66-71>.

Victoria N. Sadanova<sup>1</sup>

Evgenia P. Dragunova<sup>2</sup>

Anastasia E. Avramenko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

## GRADIENT AS MEANS OF WORKING WITH COLOUR WHEN DESIGNING ARTISTIC GOODS

**Abstract.** The article examines the main directions and types of colour gradients built on the colour properties. The main methods of using colour gradient in the process of designing artistic products are determined. Their role in creating visually harmonious compositions is identified with forms of their use defined, which will further allow designers to effectively convey the meaning and atmosphere of the work. This study analysed gradients and identified their types such as linear, radial and angular, and determined the extent of their influence on the perception of colour and shape. It also discusses the practical aspects of using gradients in various design areas, such as graphic design, illustration, animation, in particular, anodising technology in art products. The article highlights the importance of gradients as a tool for creating depth, texture, and dynamics in design work, as well as their impact on the viewer's emotional perception.

**Keywords:** *colour gradient, gradient tools, anodising, gradients in design, colour perception, designing, design projecting*

**For citation:** Sadanova V. N., Dragunova E. P., Avramenko A. E. Gradient as means of working with colour when designing artistic goods. *Technologies & Quality*. 2025. No 3(69). P. 66–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-66-71>.

Развитие цифровых технологий привело к делению визуальных видов искусства на цифровые и традиционные (выполняющиеся физическими материалами). Основная граница проходит на разнице и возможностях инструментария каждого из них, благодаря чему эти виды искусства зачастую выглядят никак не связанными друг с другом.

Безусловно, между визуальным восприятием цветов, излученных на экран монитора, и цветами, полученными при помощи физических красок, различие есть, но основные способы взаимодействия цветов (контрастирования и гармонизации) между собой внутри спектра все-таки остаются общими. Это дает возможность определить круг универсальных приемов работы с цветом независимо от способа его получения.

Среди инструментов работы с цветом, имеющих подобную универсальность, важное место занимает понятие «градиент», что определяется изменением значений каких-либо характеристик в возрастании или уменьшении величины от одного параметра к другому. В приложении к цвету это означает постепенный переход от одной характеристики цвета к другой, зачастую противоположной (теплый – холодный, яркий – пастельный и т. д.).

Актуальность исследования цветовых градиентов в дизайн-проектировании можно обосновать несколькими ключевыми аспектами.

**1. Рост цифрового искусства.** С увеличением популярности цифровых технологий понимание механизмов визуального воздействия на зрителя становится критически важным. Градиенты расширяют диапазон имеющихся визуальных инструментов, участвующих в процессе дизайн-проектирования, и являются самостоятельным приемом, позволяющим получать спрогнозированный результат, что особенно актуально в условиях высокой конкуренции на рынке дизайна.

**2. Эмоциональное воздействие.** Пожалуй, самой значимой особенностью цвета как формообразующего инструмента дизайн-проектирования является его способность оказывать воздействие на эмоциональный фон человека. Понимание механизмов градуирования цвета в процессе формообразования объектов дизайна способно оказать помощь в создании определенного эмоционального посыла.

**3. Инновации в дизайне.** Несмотря на частые смены визуальных трендов в дизайне, использование градиентов остается востребованным инструментом в визуальных творческих решениях, что в свою очередь помогает создать новые подходы и технические приемы для различных областей, от промышленного дизайна до графического и веб-дизайна.

**4. Образование и практика.** Овладение теорией цвета в целом и градиентов как инструмента контрастно-нюансных решений может служить основой для учебных программ и курсов, сосредоточенных на развитии навыков в области, например, цветового дизайна.

**5. Интердисциплинарные связи.** Изучение цветовых градиентов может пересекаться с различными дисциплинами, что открывает возможности для междисциплинарных исследований и сотрудничества в различных областях, включая технологические способы получения градиентных эффектов на поверхности материалов, в частности, путем анодирования в художественных изделиях.

**Материалы и методы исследования.** В данной статье можно выделить несколько научных методов, использованных для исследования и анализа цветовых градиентов в визуальном искусстве:

**1. Литературный обзор.** Анализ существующих исследований и публикаций по теме цветовых градиентов, их применению и влиянию на восприятие. Это позволяет собрать информацию о текущем состоянии знаний и выявить основные тенденции.

**2. Сравнительный анализ.** Сравнение различных типов градиентов и их эффектов в различных контекстах, таких как графический дизайн, иллюстрация или покрытие материалов. Это помогает понять, какие градиенты наиболее эффективны в определенных условиях.

**3. Теоретический анализ.** Применение теорий цвета и психологии восприятия для объяснения, как и почему градиенты влияют на зрителей. Это может включать изучение цветовых моделей и их психологического воздействия.

**4. Кейс-исследования.** Анализ конкретных примеров успешного использования градиентов в известных произведениях искусства, дизайне или рекламе, чтобы продемонстрировать их практическое применение и эффективность.



Использование этих методов позволяет глубже понять роль цветовых градиентов в визуальном искусстве и их влияние на восприятие и эмоциональный отклик зрителей.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Как визуальный инструмент цвет имеет собственные и несобственные качества. К собственным качествам относятся: цветовой тон, насыщенность и светлота, к несобственным – температура и дополнительность (правило цветовой суммарности). Такие качества, как легкие – тяжелые и отстающие – выступающие, являются производными от сочетания температурных и светлотных характеристик и относятся к пространственным свойствам цвета. По каждому из собственных и несобственных качеств с цветом могут производиться различные изменения и трансформации, одним из которых является градуирование или постепенное изменение какой-либо характеристики с переходом в другую полярность [1, с. 101–102].

Это плавное изменение, или, иначе, градиент, может иметь разные векторы изменения, и каждый из векторов задается собственной характеристикой и имеет параметры, по которым проводятся последовательные, ступенчатые противопоставления. На полюсах вектора располагаются предельные значения заданной характеристики, которые поступательно сближаются к центру с возрастанием одного параметра и снижением другого.

Градуировать цвет можно как по одной цветовой характеристике, так и по двум или нескольким сразу, и это будет одинаково актуально как в цифровых носителях, так и в работе с физическими красками или декорированием поверхностей путем создания тонких оксидных пленок, имеющих эффекты побежалости или других видов градиентов (оксидирование, анодирование и т. д.).

Опираясь на характеристики цвета и цветовые контрасты, можно выделить несколько способов создания цветовых градиентов.

1. Градиент по цвету – строится по цветовому переходу в последовательности цветового круга и в спектре радуги.

2. Градиент по насыщенности – строится на постепенном снижении насыщенности цвета до серого этой же светлоты. Близость по светлоте всех цветовых переходов является условием этого градиента.

3. Светлотный градиент – строится на принципе теневого ряда одного цвета. От его полного высветления до затемнения. Может начинаться от спектрального цвета и достраиваться в обоих направлениях или в одном (высветление или затемнение).






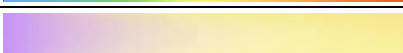

4. Градиент по температуре – строится на разнице тепло-холодных отношений как всего цветового диапазона, так и внутри температурной шкалы одного цвета. К этому же градиенту можно отнести последовательные изменения выступающих и отстающих цветов.

5. Градиент дополнительных цветов – создается на постепенном переходе одного спектрального цвета в дополнительный ему цвет. Поскольку дополнительные цвета не объединены никаким общим цветом, а в цветовом круге расположены на противоположных хордах, то в растяжке дополнительных цветов точка перехода из цвета в цвет при равном соотношении каждого тона будет иметь белый или серый цвет в зависимости от принципа цветообразования [1, с. 103–105].

Определение данных направлений использования свойств и качеств цвета, а также цветовых контрастов позволит выявить основные виды цветовых градиентов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Виды цветовых градиентов по собственным и несобственным качествам\*

Собственные качества цвета	
Хроматический градиент	
Градиент цветовой насыщенности	
Градиент светлоты цветового тона	
Несобственные качества цвета	
Температурный градиент:	
1) в рамках одного цвета	
2) в рамках разных температурных полюсов	
Градиент дополнительных цветов:	
1) излученный спектр	
2) отраженный спектр	

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

Градуировать цвет можно не только по его характеристикам, но и по формам направленности изменения, что особенно важно для создания эффекта глубины и объема. Здесь можно выделить основные формы градиентов (табл. 2).

1. Линейные градиенты. Переход цвета происходит по прямой линии. Могут быть горизонтальными, вертикальными или диагональными. Часто используются для создания фонов и текстур.

2. Радиальные градиенты. Цвета переходят от центра к краям, создавая эффект «света» или «излучения». Это хороший способ создать ощущение объема и фокуса на определенной области объекта.

3. Угловые градиенты. Цветовой переход происходит по диагонали, начиная с одного угла и заканчивая в другом. Это может добавить динамичности и интереса к композиции.

4. Многоцветные градиенты. Включают более двух цветов, которые плавно переходят

друг в друга. Такие градиенты могут создавать сложные и насыщенные визуальные эффекты.

5. Текстурные градиенты. Сочетают градиенты с текстурой, чтобы добавить глубину и интерес к поверхности. Например, градиент может быть наложен на текстурированную поверхность, создавая уникальный эффект.


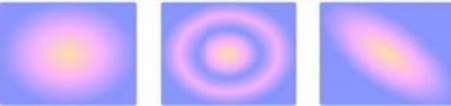




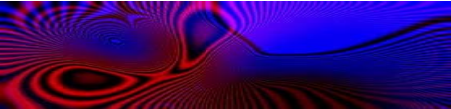

6. Градиенты с прозрачностью. В таких градиентах один или несколько цветов плавно переходят в прозрачность. Это может быть использовано для создания эффектов наложения и смешивания.

7. Градиенты с эффектом «зебры». Создаются с чередующимися полосами цветов, создавая эффект, похожий на зебру. Это может быть использовано для создания ярких и игровых дизайнов.

8. Градиенты в форме кривых. Цвета переходят по кривой линии, создавая более органичный и плавный эффект.

Таблица 2

Формы градиентов\*

Название формы	Изображение
Линейные	
Радиальные	
Угловые	
Многоцветные	
Текстурные	
С прозрачностью	
С эффектом «зебры»	
В форме кривых	

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

Использование различных форм градиентов в процессе дизайн-проектирования позволяет дизайнерам экспериментировать с цветом и создавать уникальные визуальные решения, что играет важную роль не только в цифровом дизайне, но и в декоративно-прикладных направлениях, включая ювелирное искусство. Это позволяет создавать выразительные и визуально привлекательные художественные произведения, в которых основным способом применения градиентов при разработке дизайна служит создание интересных фонов и текстур поверхности материалов.

Отдельное место градиенты занимают в дизайне ювелирных изделий, выполненных из вентильных металлов, например, таких как титан, тантал, ниобий, цирконий и пр. [2, с. 59–64; 3, с. 425–432]. Для данных изделий критерием узнаваемости являются именно градиентные оксидные пленки, отсылающие к знакомым

«цветам побежалости» [4, с. 26–30]. Цвет в таких пленках предопределяется интерференцией, а следовательно, толщиной оксидного слоя. Подобные пленки возможно получить различными методами, некоторые из них – лазерное нанесение, микродуговое, электрохимическое. Последний метод, с точки зрения художественных возможностей, является предпочтительным [5, с. 45–48]. Для анодирования (электрохимического нанесения) толщина пленки напрямую связана с подаваемым напряжением. Получение градиентных же покрытий возможно несколькими способами [6, с. 60–62]. В зависимости от технологии нанесения возможно добиваться линейных многоцветных градиентов (рис., *а*), радиальных градиентов (рис., *б, в*), дубликации градиентов, перспективно деформируемых по форме (лепестки ириса, рис., *в*) и пр. Именно они будут формировать эстетику технологии.



Рис. Художественные изделия на титановом сплаве ВТ20, расписанные оксидными пленками: *а* – картина «Ирисы»; *б* – брошь «Нарцисс»; *в* – брошь «Ирис» (авт. А. Е. Авраменко)

Выполненные изделия служат наглядной демонстрацией того, что цветовые градиенты могут использоваться не только в качестве элемента дизайна поверхности, но и как самостоятельный художественный прием, с помощью которого строятся светотени и создаются объемы изображаемых объектов. Понимание закономерностей формообразования в дизайн-проектировании позволяет как дизайнерам, так и технологам закладывать прогнозируемые результаты при разработке тех или иных дизайнерских решений с помощью данного инструмента, поскольку цветовые градиенты представляют собой не только эстетически привлекательный визуальный элемент, но и мощный инструмент для передачи эмоций и создания глубины в композициях. Их разнообразие – от хроматических до температурных – позволяет художникам и дизайнерам экспериментировать с пространственными качествами цвета, создавая

уникальные визуальные решения, которые могут значительно обогатить восприятие произведения в любом из форматов [1, с. 103–105; 7; 8].

Следовательно, грамотное сочетание различных видов градиентов и управление их соотношением способно не только улучшить технические навыки дизайнеров, но и значительно расширить диапазон возможностей в разработке дизайна художественных изделий, с возможностью заранее прогнозируемого результата.

В условиях конкурентности визуального воздействия продуктов дизайн-проектирования, где высока борьба за внимание аудитории, использование градиентов становится важным аспектом успешной визуальной коммуникации. В конечном счете, цветовые градиенты являются неотъемлемой частью современного художественного языка дизайна, способствуя созданию гармоничных и впечатляющих визуальных композиций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саданова В. Н., Драгунова Е. П., Изобразительные средства. Курс лекций : учеб. пособие / МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. С. 101–105. URL: <https://reader.lanbook.com/book/464660#99> (дата обращения: 05.05.2025).
2. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные декоративные гальванические металлические покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2025. № 1(67). С. 59–64.
3. Авраменко А. Е., Дрюков М. В., Дрюкова А. Э. Возможности создания цветных анодных покрытий на поверхности титановых сплавов // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2022) : сб. докладов нац. науч.-технич. конф. с междунар. участием. Москва, 11–15 апреля 2022 г. М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2022. С. 425–432.
4. Котова К. В., Галанин С. И. Модные тренды и бижутерия // Технологии и качество. 2019. № 2(44). С. 26–33.
5. Авраменко А. Е., Дрюкова А. Э. Зависимость декоративных качеств анодной оксидной пленки на титановых сплавах от режима и метода нанесения // Титан. 2023. № 2(78). С. 44–49.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
7. Авраменко А. Е., Дрюкова А. Э. Получение градиентных оксидных анодных пленок на титановых сплавах методом погружения с повышением напряжения // Титан. 2023. № 3(79). С. 40–45.
8. Галанин С. И., Висковатый И. С. Особенности процесса электрохимического декорирования поверхности серебра // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 3. С. 75–86.

## REFERENCES

1. Sadanova V. N., Dragunova E. P. Visual media. Moscow, 2024, P. 101–105. URL: <https://reader.lanbook.com/book/464660#99> (accessed 05.05.2025). (In Russ.)
2. Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional decorative electroplating metal coatings for jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;1(67):59–64. (In Russ.)
3. Avramenko A. E., Dryukov M. V., Dryukova A. E. Development of creating monophonic and gradient colored oxide films technology on the titanium surface by anodizing. *Perspektivnye materialy i tekhnologii (PMT-2022)* [Promising Materials and Technologies (PMT-2022)]. Moscow, April 11–15 2022. Moscow, MIREA – Ros. Tekhnol. Univ. Publ., 2022. P. 425–432. (In Russ.)
4. Kotova K. V., Galanin S. I. Modern trends and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;2(44):26–33. (In Russ.)
5. Avramenko A. E., Dryukova A. E. The dependence of the decorative qualities of the anodic oxide film on titanium alloys on the mode and method of application. *Titan* [Titanium]. 2023;2(78):44–49. (In Russ.)
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
7. Avramenko A. E., Dryukova A. E. Obtaining gradient oxide anode films on titanium alloys by immersion with increased voltage. *Titan* [Titanium]. 2023;3(79):40–45. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Viskovatyj I. S. Features of the electrochemical surface decoration process for silver. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]. 2016;327,3:75–86. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 09.07.2025  
Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья  
УДК 671.1+739.2

EDN НАУК

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-72-75>

Александр Олегович Сильянов<sup>1</sup>

Сергей Ильич Галанин<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> [silyanov\\_ao@mail.ru](mailto:silyanov_ao@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0005-3024-5521>

<sup>2</sup> [sgalanin@mail.ru](mailto:sgalanin@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

## ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДРАГОЦЕННЫХ СПЛАВОВ НА ДИЗАЙН ЛИТЫХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности дизайна и конструкции серийных ювелирных изделий, выполняемых из наиболее распространенных сплавов белого, красного и желтого золота 585 пробы и серебра 925 пробы, для формообразования которых используются разновидности литья по выплавляемым моделям – «прямое» литье и литье с камнями, а для финишной обработки – автоматизированные процессы галтования. Показано, что в дизайн и конструкцию таких изделий следует вносить изменения, необходимые для обеспечения качества украшений. Отмечено, что в кастомизированных изделиях, выполняемых по индивидуальным заказам в единичных экземплярах, где себестоимость изготовления может быть весьма значительной, влияние рассмотренных особенностей нивелируется.

**Ключевые слова:** дизайн и конструкция ювелирных украшений, литье по выплавляемым моделям, «прямое» литье, литье с камнями, финишные операции, галтование, свойства ювелирных сплавов золота и серебра

**Для цитирования.** Сильянов А. О., Галанин С. И. Влияние свойств драгоценных сплавов на дизайн литых ювелирных изделий // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 72–75. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-72-75>.

Original article

Alexander O. Silyanov<sup>1</sup>

Sergey I. Galanin<sup>2</sup>

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

## INFLUENCE OF PRECIOUS ALLOYS' PROPERTIES ON THE DESIGN OF CAST JEWELLERY

**Abstract.** The article considers the peculiarities of design and construction of serial jewellery made of the most common alloys of white, red and yellow gold of 585 standard and silver of 925 standard, for moulding of which, varieties of investment casting – “direct” casting and casting with stones – are used, while automated processes of galling are used for finishing. It is shown, that in the design and construction of such products, it is necessary to make changes necessary to ensure the quality of jewellery. It is noted that in customised products, made to individual orders in single copies, where the cost price of production can be of great significance, the influence of the considered features is levelled.

**Keywords:** design and construction of jewellery; casting on fused models; “direct” casting; casting with stones; finishing operations; galling; properties of gold and silver jewellery alloys

**For citation:** Silyanov A. O., Galanin S. I. Influence of precious alloys' properties on the design of cast jewellery. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 72–75. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-72-75>.

Воплощение в материале ювелирных изделий задуманного дизайна неизбежно сталкивается с технологическими, физико-механическими, декоративными и другими свойствами

используемых конструкционных материалов [1–3]. Мастера эпохи модерна для реализации своих художественных замыслов использовали широчайшую гамму материалов, учитывая в основном их декоративные свойства, а не стоимость [4–6]. Современные представители авангардных течений ювелирного дизайна так-



же в выборе материалов и элементов своих «произведений» не ограничены никакими рамками [7]. Однако, несмотря на заметный рост популярности нестандартных материалов в ювелирных украшениях, выполненных только в стиле «авангард» [8, 9], основная масса ювелирных изделий средней и низкой ценовой категории изготавливается из драгоценных металлов – золота 585 пробы (красного, белого, желтого) и серебра 925 пробы. При этом основной технологией их производства на протяжении многих десятилетий остается литье по выплавляемым моделям (ЛВМ).

Технология ЛВМ постоянно совершенствуется как по применяемым основным и вспомогательным материалам, так и по оснастке и технологическим приемам. В последние годы серьезное развитие получили литье с камнями (ЛСК) и так называемое прямое литье (ПЛ), существенно расширившие технологические и дизайнерские возможности при производстве ювелирных украшений и являющиеся модернизированными процессами ЛВМ [10, 11].

При проектировании и изготовлении изделий из сплавов драгоценных металлов необходим учет физических и технологических свойств как металла, так и вспомогательных материалов.

Во-первых, учет усадок материалов на операциях литья. Опытным путем на производстве установлено, что при использовании резиновых пресс-форм и инжекторных восковых моделей средняя линейная усадка (уменьшение размеров отливок относительно размеров мастер-моделей) составляет около 5%. Для различных сплавов золота и серебра разница в усадке незначительна. В основном усадка происходит в процессе вулканизации пресс-формы и за-

стывании восковой модели (восковки). При прямом литье усадка составляет 0,7...1,2%, так как она в основном определяется усадкой самого металла.

Во-вторых, учет твердости металла, влияющей на сплирование сплава при финишных автоматизированных операциях шлифовки и полировки в галтовочных машинах, на жесткость конструкции, необходимую при финишных операциях обработки и эксплуатации, а также на толщины крапанов и корнеров, удерживающих вставки при их закреплении. Эти величины для каждого сплава индивидуальны и во многом определяют дизайн украшений, их привлекательный внешний вид. Примером может служить факт, что во время пандемийного кризиса в ювелирной отрасли России многие производители решили с украшений из золота перейти на украшения из серебра, используя одни и те же модели. Однако опыт оказался неудачным: украшения, рассчитанные на золото, либо совершенно не «смотрелись» в серебре, либо не обеспечивали жесткость конструкции изделия при финишной обработке и эксплуатации и не удерживали ювелирные вставки из-за малой толщины крапанов.

Толщины элементов конструкции изделий зависят от сплава, формы, конфигурации, протяженности. Жесткость конструкции может быть усилена за счет увеличения толщины элементов, применения перемычек и подпорок (рис. 1, а). При этом учитывается и возможность усиления конструкции перемычками для избежания деформации (так называемого схлопывания) восковки на предварительных операциях (рис. 1, б). При литье серебра выступающие элементы – крапаны, зернинки, элементы рисунка и т. д. – необходимо усиливать (рис. 1, в, г).



**Рис. 1. Приемы для увеличения жесткости конструкции:**

- а – укрепление тонкостенной полости в шинке кольца перемычками; б – усиление конструкции перемычками для обеспечения деформации восковки; в – увеличение ширины и высоты шинки в разомкнутых кольцах из серебра не менее 1,8 мм для обеспечения жесткости конструкции; г – усиление выступающих элементов (зернинок) кольцеобразными подпорами в серьгах из серебра (из открытых источников)

В месте примыкания литников к изделию предусматривается утолщение конструкции для качественного пролива расплавленного металла. При литье тонкостенных изделий предусматрива-

ется утолщение под литниками 0,2...0,3 мм и при необходимости литейные каналы (внутри изделия) для беспрепятственного доступа расплавленного металла к тонким частям отливки (рис. 2).

При литье с камнями толщины элементов, в которых установлены камни, должны быть значительно увеличены, особенно для серебра, так как при автоматизированной обработке в галтовочных машинах при сполировывании мягкого металла возможна деформация конструкции, которая может привести к сколу камня. Из-за своей низкой твердости серебро при финишных операциях существенно сполировывается, поэтому толщины элементов из этого металла делаются значительно больше, чем на золоте (табл. 1, 2).

Теоретически твердость сплавов золота наиболее распространенной 585 пробы понижается в следующем ряду (белое – ЗлНЦМ585-12,5-4, красное – ЗлСр585-80, желтое – ЗлСрМ585-200). Однако на практике различия в съеме металла при полировке этих сплавов незначительны и ими можно пренебречь. Поэтому и толщины элементов конструкции выбираются одинаковыми.

Указанные в таблицах 1 и 2 величины учитывают автоматизированную обработку в галтовочных машинах без ручного труда.

Часто в конструкции украшений, выполняемых по технологии ЛСК предусматривается защита от сполировывания выступающих конструктивных элементов, таких как крапаны, при последующей автоматизированной полировке в галтовочных аппаратах в виде рантов (рис. 3, а), приподнятой стенки (рис. 3, б). Для защиты вставок от воздействия абразивных галтовочных наполнителей высоту крапанов делают выше площадки вставки на 0,2 мм и ширину дорожки шире рундиста вставки на 0,2 мм (рис. 3, в).

С учетом сполировывания абразивом выступающие элементы: фактура, зернинки выполняются заведомо выше на 1/3 своей высоты (рис. 4).

Т а б л и ц а 1

Толщины элементов конструкции при различных разновидностях литья, мм

Золото 585 пробы			Серебро 925 пробы (СрМ925)		
ПЛ	ЛВМ	ЛСК	ПЛ	ЛВМ	ЛСК
0,35...0,4	0,5...0,6	до 1,0	0,5...0,6	0,7	до 2,0

Т а б л и ц а 2

Минимальные диаметры крапанов (мм) для закрепки вставок 1,0 мм

Золото 585 пробы			Серебро 925 пробы (СрМ925)	
ПЛ	ЛВМ		ПЛ	ЛВМ
0,37	0,37*	0,43**	0,5...0,6	0,7

Примечания: \* в условиях защиты рантами от интенсивного съема в галтовке;

\*\* при отсутствии защиты.



Рис. 2. Тонкостенное ажурное кольцо, требующее специальной конструкции литниковой системы



Рис. 3. Конструктивные приемы в изделиях фирмы SOKOLOV, выполненных по технологии ЛСК, для защиты от сполировывания выступающих элементов:

а – ранты на лицевой стороне пусетов; б – приподнятые стенки;

в – увеличение высоты крапанов и ширины дорожки



Рис. 4. Кольца фирмы SOKOLOV с выступающими элементами на поверхности:

а – фактура; б – зернь

## ВЫВОДЫ

Рассмотренные особенности технологии формообразования и финишной обработки поверхности ювелирных изделий, выполняемых по технологии литья по выплавляемым моделям, а также свойства используемых материалов показывают, что они в значительной степени влияют на дизайн и конструкцию украшений. Наиболее заметно это сказывается на изделиях серийного производства, изготавливаемых с использованием автоматизированных приемов и оборудования. В кастомизированных изделиях, выпол-



няемых по индивидуальным заказам в единичных экземплярах, где себестоимость изготовле-

ния может быть весьма значительной, влияние рассмотренных особенностей нивелируется.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
2. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн, материалы и технология – три составных части ювелирных украшений // Дизайн и технологии. 2022. № 87(129). С. 13–23.
3. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности дизайн-проектирования современных ювелирных изделий // Дизайн. Материалы. Технология. 2019. № 2(54). С. 9–13.
4. Галанин С. И., Сильянова Е. А. Материалы и технологии ювелирного стиля модерн // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. С. 61–64.
5. Галанин С. И., Сильянова Е. А. Материалы и технологии Рене Лалика // Технологии и качество. 2018. № 4(42). С. 52–58.
6. Сильянова Е. А., Галанин С. И. Стиль модерн в современных ювелирных украшениях // Дизайн. Материалы. Технология. 2018. № 2(50). С. 25–29.
7. Романов А. А. Нетрадиционные и нестандартные материалы в ювелирных украшениях и бижутерии стиля авангард // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 20–22 марта 2024 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2024. С. 130–134. CD-ROM.
8. Галанин С. И., Романов А. А. Украшения с нетрадиционными и нестандартными материалами: стоимость и дизайн // Дизайн и технологии. 2023. № 98(140). С. 6–14.
9. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные и нестандартные материалы в ювелирных украшениях: история и современность // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 45–51.
10. Сильянов А. О., Галанин С. И. Дизайн-иллюзии «прямого» литья // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 38–43.
11. Галанин С. И., Сильянов А. О. От литья «в технике утраченного воска» к «прямому» литью: технология и дизайн // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 65–69.

## REFERENCES

1. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of the creation of modern jewelry and art products. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. 173 p. 1 CD-ROM. (In Russ.)
2. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design, materials and technology – three components of jewelry. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2022;87(129):13–23. (In Russ.)
3. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of design-projecting of modern jewelry. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2019;2(54):9–13. (In Russ.)
4. Galanin S. I., Silyanova E. A. Materials and technologies of Art Nouveau jewelry style. Scientific research and development in the field of design and technology, materials of the All-Russian scientific-practical conference. Kostroma : Kostroma St. Univ. Publ., 2019. P. 61–64. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Silyanova E. A. Materials and technologies by Rene Lalique. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;4(42):52–58. (In Russ.)
6. Silyanova E. A., Galanin S. I. Modern style in contemporary jewelry. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2018;2(50):25–29. (In Russ.)
7. Romanov A. A. Non-traditional and non-standard materials in jewelry and bijouterie of avant-garde style. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. (Kostroma, March 20–22, 2024). Kostroma : Kostroma St. Univ. Publ., 2024. P. 130–134. CD-ROM. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Romanov A. A. Jewelry with non-traditional and non-standard materials: cost and design. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2023;98(140):6–14. (In Russ.)
9. Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional and non-standard materials in jewellery: history and modernity. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;1(63):45–51. (In Russ.)
10. Silyanov A. O., Galanin S. I. Design illusions of “direct” casting. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):38–43. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Silyanov A. O. From “lost wax” casting to “direct” casting: technology and design. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;2(68):65–69. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.03.2025

Принята к публикации 09.09.2025

Научная статья

УДК 666.29

EDN НЮКСЖ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-76-88>

Татьяна Викторовна Лебедева<sup>1</sup>

Сергей Ильич Галанин<sup>2</sup>

Виктория Сергеевна Романовская<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> letavi44@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7744-4193>

<sup>2</sup> sgalanin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

<sup>3</sup> romanovskaya\_vikulya@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8205-8788>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЭМАЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ДЕКОРАТИВНОГО ЭМАЛИРОВАНИЯ

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследования возможности использования отходов эмалевого производства для декоративного эмалирования. Показаны возможности получения разнообразных декоративных эффектов и изображений на эмалевой поверхности при использовании различных техник эмалирования и их комбинировании (сграффито, смешивание и насеивание эмалей, эмалирование с использованием трафаретов и эмалевой зерни, формирование изображения сухой порошковой эмалью и др.). В настоящее время вторичное использование производственных отходов является актуальной и своевременной задачей. Кроме того, данный подход обладает большим потенциалом для декорирования разнообразных ювелирно-художественных изделий и существенно расширяет возможности дизайна изделий с эмалевыми покрытиями.

**Ключевые слова:** горячее эмалирование, отходы эмалевого производства, эмалевое покрытие, декоративные эффекты, изображение, сграффито, трафарет, эмалевая зернь, смешивание эмалей, насеивание эмалей, ювелирно-художественные изделия

**Для цитирования.** Лебедева Т. В., Галанин С. И., Романовская В. С. Использование отходов эмалевого производства для декоративного эмалирования // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 76–88. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-76-88>.

Original article

Tatiana V. Lebedeva<sup>1</sup>

Sergey I. Galanin<sup>2</sup>

Victoria S. Romanovskaya<sup>3</sup>

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

## USE OF ENAMEL PRODUCTION WASTE FOR DECORATIVE ENAMELLING

**Abstract.** The paper presents the results of a study of the possibility of using enamel production waste for decorative enamelling. The possibilities of obtaining a variety of decorative effects and images on an enamel surface using various enamelling techniques and combining them (sgraffito, mixing and sifting enamels, enamelling with the help of stencils and enamel grains, image formation with dry powder enamel, etc.) are shown. Currently, the recycling of industrial waste is a topical and timely task. In addition, this approach has great potential for decorating a variety of jewellery and art products and significantly expands the design possibilities of products with enamel coatings.

**Keywords:** hot enamelling, waste from enamel production, enamel coating, decorative effects, image, graffiti, stencil, enamel grain, mixing of enamels, sifting of enamels, jewellery and art products

**For citation:** Lebedeva T. V., Galanin S. I., Romanovskaya V. S. Use of enamel production waste for decorative enamelling. Technologies & Quality. 2025. No 3(69). P. 76–88. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-3-69-76-88>.

Горячее эмалирование – достаточно сложная и уникальная технология, с которой можно

бесконечно экспериментировать. Существует множество техник, приемов и способов художественного эмалирования; некоторые из них неизменны на протяжении веков, другие со временем модернизируются и позволяют достичь

© Лебедева Т. В., Галанин С. И., Романовская В. С., 2025

совершенно новых и неожиданных результатов [1–8].

В последнее время большой популярностью пользуется тренд на экологичность, поэтому переработка и вторичное использование отходов является актуальной и своевременной задачей. В данной работе предлагается более широко использовать отходы эмаливого производства (ОЭП) для декоративного эмалирования ювелирно-художественных изделий (ЮХИ). ОЭП представляют собой остатки различных цветных эмалей, собираемых в ходе проведения технологических операций по подготовке эмалей (дробление, растирание, отмучивание и пр.) [9].

Традиционно в художественном эмалировании ОЭП используют для контрэмалирования обратной стороны тонкого эмалируемого изделия (например, финифтяных вставок) [10, 11]. В данной работе исследуется возможность использования ОЭП для декорирования лицевой стороны ЮХИ и получения разнообразных декоративных эффектов на поверхности эмалевых покрытий (сграффито, насеивание и смешивание эмалей, эмалирование с использованием трафаретов и эмалевой зерни, формирование изображения сухой порошковой эмалью и др.). Необычный внешний вид эмалевых покрытий, получаемых из ОЭП, варьирование их цветовой

гаммой путем разнообразного смешивания с цветной эмалью, использование разнообразных декоративных приемов для их нанесения существенно расширяют возможности дизайна ЮХИ с эмалевыми покрытиями.

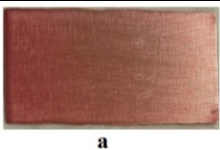
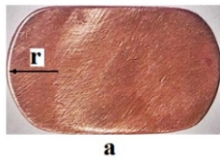
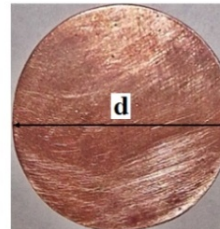
**1. Материалы, оборудование, инструменты и приспособления.** Для экспериментов использовались образцы из меди марки М1 толщиной 1 мм. Для выбора гармоничного художественного и композиционного решения были подготовлены подложки разных форм и размеров, сведения о которых представлены в таблице 1. Для снятия внутренних напряжений образцы отжигались, а затем отбеливались в 15%-ном растворе лимонной кислоты.

На образцы наносились горячие эмали Дулёвского красочного завода (ДКЗ) и обжигались при температуре 850 °С. Сведения об используемых эмалях представлены в таблице 2.

В экспериментах использовалось следующее оборудование, инструменты и приспособления: муфельная печь; молоток и наковальня для дробления крупных кусков эмали; ступки и пестики для растирания эмали; сито; подставки для обжига эмали; пинцет; шпатели и кисти для нанесения эмали; инструменты для процарапывания и перемешивания эмали; трафареты; жарозащитные рукавицы.

Т а б л и ц а 1

Медные основы под эмаль

Форма	Размеры, мм	Толщина, мм
Прямоугольник 	$a = 31, b = 19; a = 24, b = 20;$ $a = 30, b = 26; a = 25, b = 17;$ $a = 32, b = 14; a = 28, b = 23;$ $a = 30, b = 22; a = 21, b = 17$	s = 1
Овал 	$a = 29, b = 17, r = 11$	
Круг 	$d = 28;$ $d = 26$	

Т а б л и ц а 2

Используемые эмали

Цвет	Маркировка производителя	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$
<i>Прозрачные эмали</i>		
1. Бесцветный фондон	№ 32	790...810
2. Оранжевый	№ 133	
3. Зелено-желтый (зеленый)	№ 84	

О к о н ч а н и е   т а б л .   2

Цвет	Маркировка производителя	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$
<i>Непрозрачные эмали</i>		
4. Белый	№ 12	790...810
5. Желтый	№ 22	
6. Желтый	№ 34	
7. Темно-зеленый	№ 100	
8. Темно-зеленый	№ 101	
9. Темно-голубой	№ 67	
10. Синий	№ 91	
11. Голубой	№ 28	
12. Оранжевый	№ 131	
13. Красно-оранжевый	№ 132	
14. Красный	№ 134	
15. Серый	№ 33	750...770
16. ОЭП	-	790...810

## 2. Получение декоративных эффектов в технике сграффито с использованием ОЭП.

Применительно к эмалированию суть техники сграффито состоит в формировании изображения процарапыванием острым наконечником необожженного эмалевого слоя. При этом существует несколько способов нанесения рисунка, и в зависимости от способа меняется характер процарапываемой линии и создаваемого рисунка [2; 12].

Чаще всего изображение методом сграффито получают за один или два обжига, т. е. в один или два эмалевых слоя. Количество слоев будет зависеть от наличия грунтового слоя. При отсутствии грунтового слоя изображение процарапывается на первом слое нанесенной эмали, а в качестве линий рисунка выступает открывшийся из-под эмали металл. Далее следует обжиг в муфельной печи, охлаждение и обработка изделия.

В случае использования грунтового слоя сначала на подготовленную основу выкладывается ровный слой сухой или увлажненной эмали, просушивается и обжигается в муфельной печи. Затем наносится кроющий слой, на котором процарапывается изображение, и производится обжиг. В качестве линий рисунка выступает открывшийся слой грунтовой эмали.

Существует несколько способов нанесения процарапываемого слоя, каждый из которых будет влиять на конечный результат. При нанесении увлажненного слоя эмали процарапанная линия будет иметь четкие края, при этом она может быть достаточно тонкой и изящной. При нанесении сухого слоя порошковой эмали линия получается с мягким, бахромчатым краем. Для удобства нанесения сухой эмали декорируемую поверхность можно слегка увлажнить водой или с помощью траганта.

Отходы эмалевого производства для создания изображений в данной технике можно так же, как и чистую эмаль, наносить сухим или влажным способом в качестве грунтового или кроющего слоя. При этом ОЭП можно предварительно придать некоторую окраску путем смешивания ОЭП с чистой эмалью.

В данном эксперименте сначала грунтовый слой наносился влажным способом, сушился и обжигался в муфельной печи. Затем наносился кроющий слой в виде увлажненной или сухой порошковой эмали, он процарапывался, влажная эмаль сушилась и обжигалась в муфельной печи.

### *Результаты экспериментов*

Результаты экспериментов по получению декоративных эффектов в технике сграффито представлены в таблице 3. Приведены примеры использования ОЭП как в качестве грунтового, так и кроющего слоя.

### *Выводы по эксперименту*

1. Выводы по эксперименту подтверждают выводы, полученные в работе [9]. Использование ОЭП для декорирования ЮХИ в технике сграффито обладает большим потенциалом, благодаря варьированию цветов используемых эмалей, изображаемых мотивов, толщины линии и т. п. Причем ОЭП прекрасно взаимодействует с эмалями чистых цветов независимо от последовательности расположения слоев.

2. В зависимости от рабочей поверхности инструмента для процарапывания, его движений, зернистости эмали и способа ее нанесения можно получать линии различной толщины, с ровными или рваными краями, а также линии различной четкости. Все это расширяет возможности декорирования ЮХИ.

3. Рекомендуется применение контрастного грунтового слоя по отношению к кроющему, так как это способствует улучшению визуального восприятия процарапываемого изображения


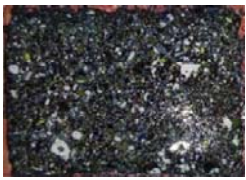











за счет повышения четкости рисунка. Например, светлый грунтовый слой – темный кроющий слой (ОЭП) или темный грунтовый слой (ОЭП) – светлый кроющий слой.

4. Для придания ОЭП различных цветов рекомендуется смешивать их с чистой эмалью

в соотношении 1:1, если используется ОЭП и одна чистая эмаль; в соотношении 2:1:1, если используется ОЭП и две чистые эмали и т. д. соответственно. Рекомендуемое соотношение позволяет отходам приобретать оттенок той эмали, с которой происходит смешивание.

Т а б л и ц а 3













Результаты экспериментов в технике сграффито\*

№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
1	<b>Классическое сграффито</b>			
1.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	ОЭП		
1.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	№ 12		
2	<b>Классическое сграффито; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка</b>			
2.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 34		
2.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	№ 28; ОЭП + № 28 (1 : 1)	 	
3	<b>Классическое сграффито; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка</b>			
3.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 34 + № 32 (1 : 1)		
3.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП + № 12 (1 : 1)		

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



Окончание табл. 3

№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
4	<b>Классическое сграффито; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка</b>			
4.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 34 + № 32 + № 133 (2 : 2 : 1)		
4.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП + № 12 + № 91 (2 : 1 : 1)		
5	<b>Сграффито по сухому слою</b>			
5.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 22		
5.2	Нанесение кроющего слоя сухой порошковой эмалью и его процарапывание	ОЭП		
6	<b>Сграффито по сухому слою; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка</b>			
6.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	ОЭП + № 131 (1 : 1)		
6.2	Нанесение кроющего слоя сухой порошковой эмалью и его процарапывание	№ 28		

**3. Получение декоративных эффектов и изображений путем комбинирования нескольких техник с использованием ОЭП.** Использование одной техники горячего эмалирования позволяет получить интересный результат. Использование нескольких техник позволяет получить изображение другого уровня – более сложное, оригинальное и привлекающее внимание. Вариантов комбинирования данных

техник – великое множество, что подтверждает уникальность художественного эмалирования.

Использование ОЭП в данном случае обладает достаточно большим потенциалом. Причем ОЭП можно использовать в различных вариантах – сухими или влажными, чистыми или пропорционально смешанными с каким-либо цветом, в качестве грунтового или кроющего слоя.

Среди техник, которые можно между собой эффективно комбинировать и добиваться оригинальных декоративных решений, можно выделить следующие: сграффито, насеивание и смешивание эмалей, эмалирование с использованием трафаретов и эмалевой зерни, формирование изображения сухой порошковой эмалью и др.

В данном эксперименте сначала осуществлялось нанесение грунтового слоя влажным способом, его сушка и обжиг в муфельной печи. Затем с помощью различных декоративных приемов осуществлялось формирование изображения (сграффито, эмалирование с исполь-











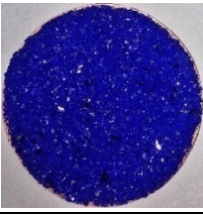

зованием трафаретов, формирование изображения сухой порошковой эмалью) и его декорирование (насеивание эмалей, сграффито, эмалева зернь). Каждый декорируемый слой при необходимости просушивался и затем обжигался в муфельной печи.

#### Результаты экспериментов

Результаты экспериментов по получению декоративных эффектов и изображений путем комбинирования нескольких техник представлены в таблице 4. Приведены примеры использования ОЭП при декорировании поверхности в различных техниках эмалирования.

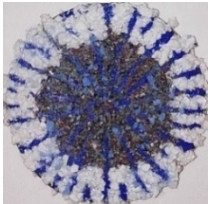
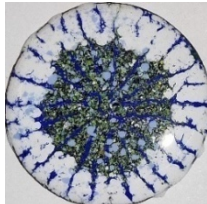









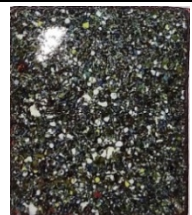

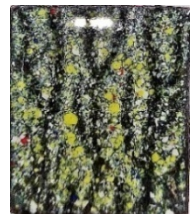

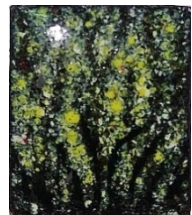
Таблица 4

Результаты экспериментов в комбинированной технике



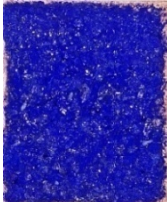




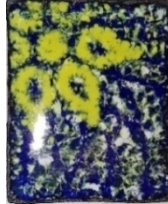








№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
<b>1</b>	<b>Формирование изображения сухой порошковой эмалью; насеивание</b>			
1.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 12		
1.2	Формирование изображения сухой порошковой эмалью и его процарапывание; насеивание	ОЭП, № 28		
<b>2</b>	<b>Классическое сграффито; формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь</b>			
2.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 22		
2.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП		
2.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь	№ 22, № 133		
<b>3</b>	<b>Классическое сграффито; насеивание; зернь</b>			
3.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 91		
















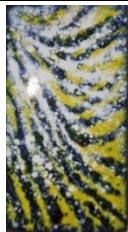


Продолжение табл. 4

№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
3.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание; насеивание	№ 12, ОЭП, № 28		
3.3	Зернь	№ 133, № 67		
4	<b>Формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь</b>			
4.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 12 + № 32 (1 : 1)		
4.2	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	ОЭП		
4.3	Зернь	№ 133, № 67		
5	<b>Классическое сграффито; формирование изображения сухой порошковой эмалью</b>			
5.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	ОЭП		
5.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП		
5.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 101		

Продолжение табл. 4










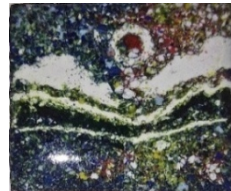

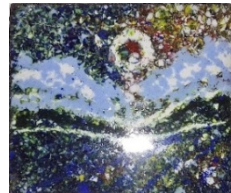
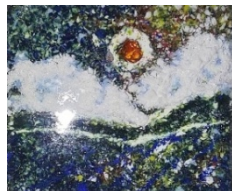
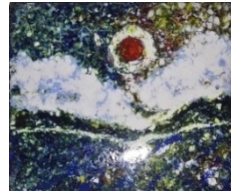
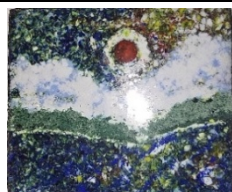
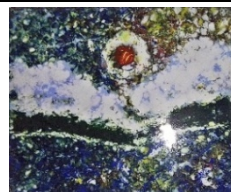
№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
5.4	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 100		
6	<i>Классическое сграффито; формирование изображения сухой порошковой эмалью; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка; зернь</i>			
6.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 91 + № 32 (1 : 1)		
6.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП		
6.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 34		
6.4	Формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь	ОЭП + № 28 (1 : 1); № 133		
7	<i>Трафарет; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка; формирование изображения сухой порошковой эмалью</i>			
7.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 12		
7.2	Формирование изображения увлажненной эмалью по трафарету	ОЭП + № 132 (1 : 1); ОЭП + № 91 (1 : 1)		
7.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью и его процарапывание	№ 101		

Продолжение табл. 4

№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
8	<b>Формирование изображения сухой порошковой эмалью; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка</b>			
8.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 12		
8.2	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	ОЭП + № 91 (1 : 1)		
8.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 22		
8.4	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	ОЭП + № 134 (1 : 1)		
9	<b>Сграффито по сухому слою; формирование изображения сухой порошковой эмалью; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка; зернь</b>			
9.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	ОЭП + № 91 (1 : 1)		
9.2	Нанесение кроющего слоя сухой порошковой эмалью и его процарапывание	№ 34		
9.3	Формирование изображение сухой порошковой эмалью	№ 12		
9.4	Формирование изображение сухой порошковой эмалью; зернь	№ 132, № 133		



Окончание табл. 4

№	Этап	Используемые эмали	До обжига	После обжига
<b>10</b>	<b>Классическое сграффито; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка; формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь</b>			
10.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 22		
10.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП + № 134 (1 : 1)		
10.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь	№ 132, № 133		
<b>11</b>	<b>Классическое сграффито; формирование изображения сухой порошковой эмалью; смешивание отходов с цветной чистой эмалью для получения нового оттенка; зернь</b>			
11.1	Нанесение грунтового слоя влажным способом	№ 12		
11.2	Нанесение кроющего слоя влажным способом и его процарапывание	ОЭП + № 91 + + № 28 (2 : 1 : 1); ОЭП + № 131 + + № 34 (2 : 1 : 1); ОЭП + № 134 (1 : 1); № 101		
11.3	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 28, № 91		
11.4	Формирование изображения сухой порошковой эмалью; зернь	№ 12, № 133		
11.5	Формирование изображения сухой порошковой эмалью	№ 101		

### **Выводы по эксперименту**

1. Для создания эффектного изображения методом комбинирования нескольких техник необходимо продумать каждый слой, последовательность применения различных техник. Выбор той или иной последовательности позволяет грамотно формировать изображение и правильно расставлять на нем акценты.

2. Изображение эффективнее создавать с помощью трафаретов, техники сграффито, путем его формирования сухой порошковой эмалью, комбинацией данных способов и дополнять в последующем различными приемами – эмалевой зернью, насеиванием эмали и т. д. В этом случае последовательность (при их комбинировании друг с другом) выбирается в зависимости от требований к получаемому изображению.

3. Получение изображения с помощью трафаретов целесообразно как один из первоначальных этапов (см. п. 7.2 табл. 4). В последующем созданное изображение можно дополнять деталями с помощью других приемов, которые к тому же могут помочь скрыть возможные дефекты, например, нечеткий контур, выход за пределы планируемого рисунка и др. В данном эксперименте высокую эффективность показали бумажные трафареты. Для нанесения рисунка можно использовать как сухую, так и увлажненную эмаль, использование влажной эмали позволит добиться более четких границ изображения.

4. Техника сграффито, так же, как и трафареты, эффективна на начальных этапах, когда можно задать общий фон и характер изображения, выделить основные линии рисунка (см. п. 2.2; 5.2; 6.2; 9.2; 10.2 табл. 4). Но можно использовать технику и в конце для получения завершающих штрихов (см. п. 1.2; 7.3 табл. 4).

5. Методом формирования изображения сухой порошковой эмалью с помощью шпателя и кисточки можно полностью создать изображение за один (см. п. 1.2; 4.2 табл. 4) или несколько слоев (см. п. 8.2–8.4 табл. 4) и довести до логического завершения, например с помощью зерни. А можно использовать данную технику только для проработки более мелких деталей, создания акцентов (см. п. 5.3–5.4; 6.4; 9.3–9.4; 10.3; 11.3–11.5 табл. 4).

6. Формирование изображения можно эффективно осуществлять комбинацией рассматриваемых выше способов. Например, в таблице 4 можно проследить создание цветочных мотивов при формировании изображения методом сграффито (п. 6.2); дальнейшее формирование изображения сухой порошковой эмалью (п. 6.3)

и последующее акцентирование с помощью эмалевой зерни (п. 6.4). Или формирование изображения с помощью трафарета (п. 7.2); дальнейшее формирование изображения сухой порошковой эмалью (п. 7.3) и последующее нанесение завершающих штрихов методом процарапывания.

7. Эмалевую зернь целесообразнее использовать в самом конце (см. п. 2.3; 3.3; 4.3; 6.4; 9.4; 10.3; 11.4 табл. 4), иначе после нескольких обжигов она может потерять четкость контуров, форму и др., также ее можно случайно перекрыть верхним слоем. Легкое насеивание порошковой эмали, создающее эффект «припорошенности», также рекомендуется использовать в конце как завершающий штрих, когда засеянные частички эмали ярко видны на изображении (см. п. 1.2 табл. 4). Причем насеивать сухую порошковую эмаль можно как на обожженный эмалевый слой, так и на необожженную поверхность.

### **ВЫВОДЫ**

1. Для понимания особенностей оттенка ОЭП, смешанных с чистой эмалью, рекомендуется предварительно изготавливать пробные образцы. Причем пробники необходимо делать систематически, при каждом новом изготовлении состава. Это связано с тем, что собираемые ОЭП – достаточно непредсказуемый по колористике материал. Следовательно, степень окраски получаемых образцов будет каждый раз варьироваться.

2. Текстура покрытия, содержащего ОЭП, образующаяся после обжига, неповторима, и воспроизвести ее практически невозможно, поэтому изделие с подобным покрытием обладает некоторым элементом уникальности. Однако при повторных обжигах внешний вид текстуры может меняться, это необходимо учитывать для получения действительно желаемого результата.

3. Для работы с ОЭП требуется определенный опыт, необходимо понимание особенностей текстуры ОЭП для создания качественного и читаемого изображения. В противном случае результат может получиться весьма посредственным и неинтересным.

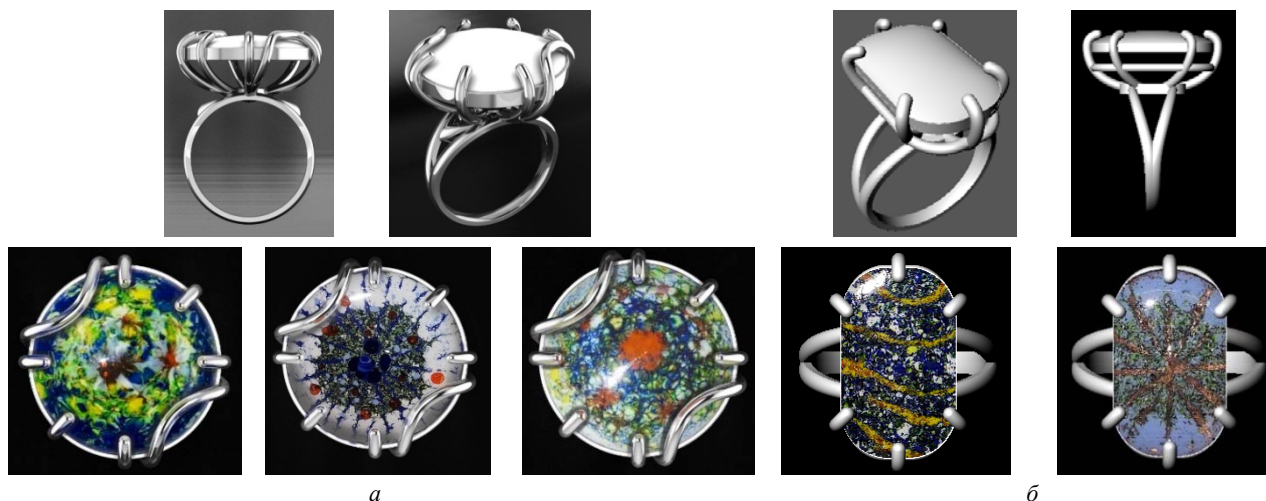
4. Комбинирование различных техник и приемов эмалирования, дополнительное использование в данной работе ОЭП способствует получению новых оригинальных эффектов и изображений различной направленности – от абстрактных до смысловых по содержанию.

5. Отходы эмалевого производства – интересный и перспективный для исследований

материал, возможности которого в дизайне ЮХИ не ограничены (рис.).

В случае использования эмалевых отходов в качестве декоративного покрытия они являются вторичным сырьем. Следовательно, будет снижен процент вредных и опасных веществ, подлежащих утилизации, что положительно скажется на экологии окружающей среды. Однако факт повторного использования со-

всем не умаляет декоративных свойств этого материала. Применяя отходы для дизайна ювелирно-художественных изделий, можно достичь потрясающих визуальных эффектов, которые невозможно получить, используя лишь чистые цвета. А значит, дизайн изделий в целом и изделий с горячими эмалями в частности будет выведен на новый уровень [13, 14].



**Рис. Проекты колец со вставками с использованием ОЭП:**  
 а – кольца со вставками круглой формы; б – кольца со вставками овальной формы  
 (авт. В. С. Романовская, рук. Т. В. Лебедева)

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные способы горячего эмалирования // Дизайн и технологии. 2019. № 69(111). С. 6–16.
2. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные эффекты при горячем эмалировании : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. ун-та, 2016. 99 с.
3. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технологии в мировой истории эмальерного дела: от зарождения эмальерной техники до эмалей Древней Руси // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 42–47.
4. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технологии в мировой истории эмальерного дела: от Средневековья до нашего времени // Технологии и качество. 2022. № 4(58). С. 32–38.
5. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Классификация эмальерных технологий и их терминология // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 46–53.
6. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Современные российские ювелирные эмали // Дизайн и технологии. 2023. № 95(137). С. 123–128.
7. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 58–64.
8. Галанин С. И., Рыбакова И. В., Колупаев К. Н. Особенности российских ювелирных брендов // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 34–43.
9. Лебедева Т. В., Романовская В. С. Исследование декоративных возможностей отходов эмаливого производства // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 48–55.
10. Лебедева Т. В., Проничев И. Л. Технология художественного эмалирования : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. 64 с.
11. Галанин С. И., Лебедева Т. В. Защитно-декоративные покрытия в ювелирном производстве : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 138 с.
12. Лебедева Т. В., Преженцова О. П. Получение декоративных эффектов на эмалевой поверхности методом сграффито // Дизайн. Теория и практика. 2014. Вып. 17. С. 76–88.

13. Лебедева Т. В., Романовская В. С. Использование отходов эмаливого производства в дизайне ювелирно-художественных изделий // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 23–24 марта 2023 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2023. С. 102–106.
14. Романовская В. С. Особенности горячего художественного эмалирования с использованием отходов эмаливого производства // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 20–22 марта 2024 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2024. С. 249–253.

## REFERENCES

1. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative methods of hot enameling. *Dizayn i tekhnologii* [Design and Technologies]. 2019;69(111):6–16. (In Russ.)
2. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative effects in hot enameling: monografiya. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ. 2016. 99 p. (In Russ.)
3. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamelmaking: from the origin of enamel technology to the Old Rus' enamels. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):42–47. (In Russ.)
4. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamelmaking: from the middle ages to the present. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):32–38. (In Russ.)
5. Rybakova I. V., Galanin S. I. Classification of enamel technologies and their terminology. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;1(59):46–53. (In Russ.)
6. Rybakova I. V., Galanin S. I. Modern Russian jewelry enamels. *Dizayn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2023;95(137):123–128. (In Russ.)
7. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in enamels by Ilgiz Fazulzyanov. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;2(56):58–64. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Rybakova I. V., Kolupaev K. N. Peculiarities of Russian jewellery brands. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;3(61): 34–43. (In Russ.)
9. Lebedeva T. V., Romanovskaya V. S. The study of decorative possibilities of enamel production waste // *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022; 3(57): C. 48–55. (In Russ.)
10. Lebedeva T. B., Pronichev I. L. Technology of artistic enameling. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ. 2010. 64 p. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Lebedeva T. V. Protective and decorative coverings in jewelry production. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ. 2014. 138 p. (In Russ.)
12. Lebedeva T. V., Prezhentsova O. P. Obtaining decorative effects on an enamel surface by the sgraffito method // *Dizayn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2014;17: 6–88. (In Russ.)
13. Lebedeva T. V., Romanovskaya V. S. The use of enamel production waste in the design of jewelry and art products. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (Kostroma, March 23–24, 2023). Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. P. 102–106. (In Russ.)
14. Romanovskaya V. S. Features of hot artistic enameling using enamel production waste *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (Kostroma, March 20–22, 2024). Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2024. P. 249–253. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 16.12.2024  
Принята к публикации 09.09.2025



## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

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

Все материалы статьи следует представлять в редакцию с помощью сервиса «ПОДАТЬ СТАТЬЮ» на официальном сайте журнала **tik.kosgos.ru**. После заполнения всех полей необходимо ознакомиться с лицензионными условиями и поставить в соответствующем окне отметку о согласии с условиями публикации, затем прикрепить оформленную **строго по требованиям** журнала статью в форматах \*.doc (\*.docx), \*.pdf.

В течение недели статья будет рассмотрена на соответствие всем формальным показателям, после чего автору будет направлен ответ о приеме/неприеме статьи.

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.

## 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.

**Подробную информацию по оформлению статьи**

**и составлению списка источников см.:**

**<https://tik.kosgos.ru/documents/journal/requirements.ru.pdf>.**

---

Научное издание

## ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2025 – № 3(69)

СЕНТЯБРЬ

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**Учредитель и издатель:**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Костромской государственный 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)  
Регистрационный номер: ПИ № ФС 77-75262 от 7.03.2019 г.*

**16+**

*Подписной индекс 94269 в каталоге «Пресса России»*

---

---

Редактор  
Компьютерная верстка  
Перевод

О. В. Тройченко  
Н. И. Поповой  
С. А. Грозовского

Издательско-полиграфический отдел  
Костромского государственного университета

Подписано в печать 30.09.2025. Дата выхода в свет 30.10.2025. Формат бумаги 60×90 1/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 11,5. Заказ 118. Тираж 500.  
Цена свободная.

Адрес учредителя, издателя и редакции журнала:  
156005, Костромская обл., г. Кострома, ул. Дзержинского, 17/11  
tik@kosgos.ru

Отпечатано ИПО КГУ  
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17/11  
Т. 63-49-00, доб. 3110. E-mail: umpm@kosgos.ru

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