ISSN 2587-6147

16+

КГУ

Костромской государственный университет

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2(68)
2025

ISSN 2587-6147

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2025

№ 2(68)

ИЮНЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

2025

№ 2(68)

JUNE

Реферируемое издание ВИНИТИ 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 СМИРНОВА
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-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А. Л. Штиглица

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

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

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 YURYEVNA KIPRINA
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kostroma State University

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

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

MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Saint Petersburg State University of Economics

ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

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

ALEKSEY YURYEVICH 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)

16+

© Оформление. Костромской государственный университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Хакимова Э. Ф., Койтова Ж. Ю., Бызова Е. В.
Поверхностная капиллярность и водопоглощение как важнейшие показатели качества прокладок от пота 5

Латфуллин И. И., Рахматуллина Г. Р., Максимова К. И.
Влияние модификации потоком низкоэнергетических ионов на термостойкость и пористость полуфабриката меховой овчины 10

Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л.
Современные технологии и инструменты, направленные на реализацию принципов устойчивого развития в текстильной и легкой промышленности 15

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сницар Л. Р., Леденева И. Н., Севостьянов П. А., Самойлова Т. А.
Математическое моделирование процесса декорирования войлочной обуви поверхностной пирографией 23

Стрункина К. Ю, Рудовский П. Н.
Алгоритм расчета направлений укладки текстильного армирующего наполнителя с учетом напряженного состояния детали 29

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Гречухин А. П., Куликов А. В. Брезгин В. А., Рудовский П. Н., Разина А. С.
Исследование моделей материалов при моделировании высокоскоростного нагружения методом конечных элементов 36

ДИЗАЙН

Галанин С. И., Романов А. А.
Дизайн и технологии изготовления украшений с нетрадиционными и нестандартными материалами 43

CONTENTS

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

Khakimova E. F., Koytova Zh. Yu., Buzova E. V.
Surface capillarity and water absorption as the most important indicators of the quality of sweat pads 5

Latfullin I. I., Rakhmatullina G. R., Maximova K. I.
Influence of modification by low-energy ions flow on heat resistance and porosity of woolly sheepskin semi-finished product.....10

Irgasheva A. Sh., Chagina L. L.
Modern technologies and tools aimed at implementing the principles of sustainable development in the textile and light industry.....15

TECHNOLOGY OF TEXTILE PRODUCTS AND LIGHT INDUSTRY

Snitsar L. R., Ledeneva I. N., Sevostyanov P. A., Samoilova T. A.
Mathematical modelling of the felt shoe decoration process by surface pyrography.....23

Strunkina X. Yu., Rudovsky P. N.
Algorithm for calculating the directions of laying textile reinforcing filler taking into account the stress state of the part.....29

INFORMATION TECHNOLOGIES

Grechukhin A. P., Kulikov A. V., Brezgin V. A., Rudovsky P. N., Razina A. S.
Research on material models in finite element analysis of high-speed loading.....36

DESIGN

Galanin S. I., Romanov A. A.
Design and manufacturing techniques of jewellery, decorations and costume jewellery with non-traditional and non-standard materials.....43

Лебедева Т. В., Галанин С. И., Романовская В. С.
Особенности получения декоративных эффектов на эмалевой поверхности с использованием отходов эмалевого производства 49

Воробьева Т. А., Оранская И. А., Бабич А. В., Беглярова В. Д.
Фиджет-кольцо – инклюзивный подход к дизайну ювелирного изделия 59

Галанин С. И., Сильянов А. О.
От литья в технике «утраченного воска» к «прямому» литью: технология и дизайн 65

Козарь Д. М., Кухта М. С.
Сфера в архитектуре и дизайне с точки зрения тепловой эффективности формы 70

Оранская И. А.
Анализ подходов к интерпретации орнаментальных мотивов в дизайне в контексте стратегии культурного развития России.....76

Заусайлов А. С., Мильчакова Н. Е.
Критерии оценки визуального качества и удобства генерации в цифровом дизайне.....81

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ 87

Lebedeva T. V., Galanin S. I., Romanovskaya V. S.
Features of obtainingdecorative effects on an enamelsurfaceusing enamel production waste.....49

Vorobeva T. A., Oranskaya I. A., Babich A. V., Beglyarova V. D.
Fidget ring – an inclusive approach to jewellery design 59

Galanin S. I., Silyanov A. O.
From “lost wax” casting to “direct” casting: technology and design.....65

Kozar D. M., Kukhta M. S.
The field of architecture and design in terms of thermal efficiency of form 70

Oranskaya I. A.
Analysis of approaches to the interpretation of ornamental motifs in design in the context of the strategy of cultural development of Russia.....76

Zausailov A. S., Milchakova N. E.
Criteria for evaluating visual quality and generation usability in digital design.....81

REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLE 87

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья
УДК 677.017.8
EDN YPGVUC
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-5-9
Элеонора Феликсовна Хакимова [1]
Жанна Юрьевна Койтова [2]
Елена Владиславовна Бызова [3]
[1,3] Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Россия
[2] Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А. Л. Штиглица, г. Санкт-Петербург, Россия
[1] elixx@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-2622-3404
[2] koytovaju@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1637-0906
[3] byzovae@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-6806-8448

ПОВЕРХНОСТНАЯ КАПИЛЛЯРНОСТЬ И ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ КАК ВАЖНЕЙШИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОКЛАДОК ОТ ПОТА

Аннотация. *В статье рассматриваются средства защиты одежды от следов пота – одноразовые прокладки/вкладыши от пота. Анализируется негативное многократное воздействие пота на ткань, формулируются основные показатели качества одноразовых вкладышей/прокладок от пота. Предлагается методика определения поверхностной капиллярности и водопоглощения как наиболее важных показателей качества прокладок от пота. Для проведения испытаний используются растворы, имитирующие пот (щелочной и кислый), анализируется степень воздействия растворов на поверхностную капиллярность и водопоглощение одноразовых вкладышей/прокладок от пота. Проанализирована взаимосвязь массы впитываемой жидкости и площади распространения пятна по поверхности одноразовых прокладок от пота.*
Ключевые слова: *потоотделение, прокладки (вкладыши) от пота, показатели качества, поверхностная капиллярность, водопоглощение, щелочной раствор пота, кислый раствор пота*

Для цитирования. Хакимова Э. Ф., Койтова Ж. Ю., Бызова Е. В. Поверхностная капиллярность и водопоглощение как важнейшие показатели качества прокладок от пота // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 5–9. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-5-9.

Original article
Eleonora F. Khakimova[1]
Zhanna Yu. Koytova[2]
Elena V. Buzova[3]
[1,3] Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia
[2] Saint Petersburg State Academy of Art and Design named after A. L. Stieglitz, Saint Petersburg, Russia

SURFACE CAPILLARITY AND WATER ABSORPTION AS THE MOST IMPORTANT INDICATORS OF THE QUALITY OF SWEAT PADS

Abstract. *The article discusses the means of protecting clothing from traces of sweat – disposable pads / liners from sweat. The negative repeated effects of sweat on the fabric are analysed and the main quality indicators of disposable sweat liners/pads are formulated. A method is proposed for determining surface capillarity and water absorption as the most important indicators of the quality of sweat pads. Solutions simulat-*

© Хакимова Э. Ф., Койтова Ж. Ю., Бызова Е. В., 2025

ing sweat (alkaline and acidic) are used to carry out the technique, the degree of effect of the solutions on the surface capillarity and water absorption of disposable sweat liners/gaskets is analysed. The relationship between the mass of the absorbed liquid and the area of the stain spread over the surface of disposable sweat pads is analysed.

Keywords: *sweating, sweat pads (liners), quality indicators, surface capillarity, water absorption, acidic solution of sweat, alkaline solution of sweat*

For citation: Khakimova E. F., Koytova Zh. Yu., Buzova E. V. Surface capillarity and water absorption as the most important indicators of the quality of sweat pads. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 5–9. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-5-9.

Вкладыши (прокладки) от пота на сегодняшний день являются единственным средством защиты одежды от следов пота в отличие от дезодорантов, снижающих потоотделение, но не исключающих действие пота на одежду. Потоотделение оказывает отрицательное воздействие на все материалы различного волокнистого состава, но особо разрушительные изменения происходят в материалах, состоящих из натуральных волокон шерсти и шелка, изделия из которых являются, как правило, дорогостоящими.

Многократное воздействие пота на одежду влечет потерю прочности, увеличение раздвигаемости нитей в ткани, в швах изменяются цвет и фактура материалов. В трикотажных изделиях и изделиях из шерсти может образовываться свойлачиваемость и пиллингуемость, все это приводит к ухудшению потребительских свойств, сокращению срока эксплуатации изделий [1–4].

На основе отзывов потребителей на различную продукцию в области одноразовых прокладок/вкладышей от пота на различных площадках интернет-магазинов сформирована номенклатура основных показателей качества, которыми должны обладать одноразовые прокладки/вкладыши от пота. Наиболее значимыми показателями по данным экспертной оценки стали: сорбционные свойства, поверхностная капиллярность и водопоглощение.

Сорбционные свойства прокладок от пота являются основополагающими для определения качества данных изделий, водопоглощение и поверхностная капиллярность в большей степени отображают основную функцию этих средств гигиены и особенности взаимодействия прокладок с телом человека.

Поглощение пота с поверхности тела человека материалом одежды идет сорбционным путем, поглощением капель пота поверхностью материала при непосредственном контакте с телом человека и при обильном и/или длительном потоотделении – поглощением всем объемом материала. Для оценки поверхностной капиллярности и водопоглощения прокладок разработана методика.

Для проведения испытаний были отобраны пять образцов прокладок от пота, представленные на сегодняшний день в сертифицированных аптечных сетях (табл.) [5].

Таблица

Характеристики выбранных образцов прокладок от пота

Условное обозначение образца прокладки от пота	1	2	3	4	5
Название, страна-производитель	Стоп-Agent, Китай	1-2 Dry, Нидерланды	1-2 Dry, Нидерланды	U.DRY, Великобритания	SecretsLan, Китай
Состав (в соответствии с ярлыком)	Целлюлоза	100 % хлопковый нетканый материал	100 % хлопковый нетканый материал, микрокапсулы духов	100 % хлопковый нетканый материал	Хлопковый нетканый материал
Обработка края прокладки	Запаянный	Не запаянный	Не запаянный	Запаянный	Запаянный
Толщина пакета, мм	0,75	0,86	0,88	1,11	0,99

По строению пакета одноразовые прокладки от пота состоят из пяти слоев: верхнего покровного слоя; среднего абсорбирующего слоя; нижнего защитного слоя; фиксирующего слоя (клеевой); антиадгезионного слоя (бумага).

Площадь и форма прокладок от пота отличаются друг от друга, для оценки поверхностной капиллярности определены рациональные форма и размеры элементарных проб: круглые пробы диаметром 64 мм. В целях получения усредненных результатов с каждого образца прокладок от пота были отобраны по 5 элементарных проб для каждого раствора пота (щелочной и кислый, в соответствии с ГОСТ 9733.6–83 «Материалы текстильные. Методы испытаний устойчивости окрасок к „поту“» [6, 7]).

Окрашенные красителем растворы пота заливались в емкости (стеклянные банки объемом 250 мл) до шейки горловины, далее банки закрывались специальными крышками, имеющими отверстие 13 мм. Растворы доливались в отверстие в крышке до образования выпуклого мениска 1...2 мм. Элементарные пробы размещались на крышках на 60 мин (рис. 1) [8].

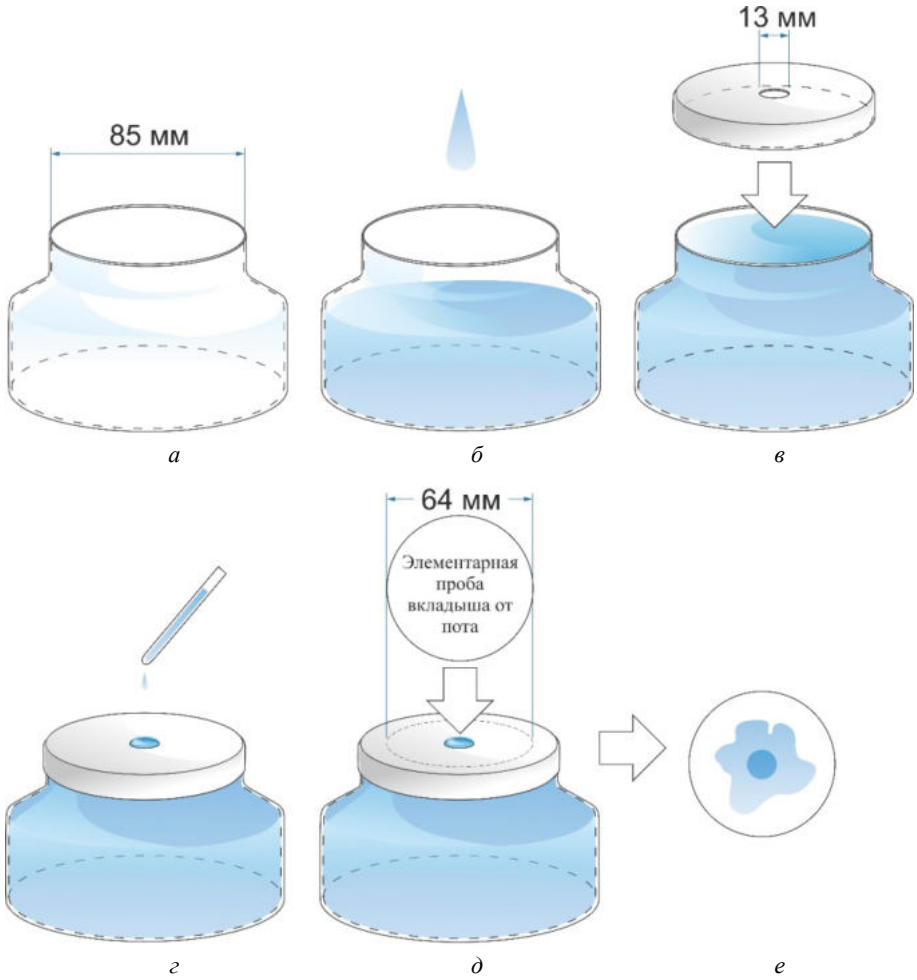


Рис. 1. Этапы методики определения водопоглощения и поверхностной капиллярности:
***а–д* – этапы подготовки емкости к испытаниям; *е* – проба с пятном жидкости по окончании испытания**

После проведения испытания пробы высушивались при нормальных условиях и были отсканированы с разрешением 300 dpi. Площадь распространения окрашенной жидкости на пробах определялась с помощью обработки сканированного изображения в двухмерной системе автоматизированного проектирования AutoCAD [8].

За абсолютную поверхностную капиллярность принята площадь пятна поглощенной окрашенной жидкости на пробе, полученная в результате выдерживания в течение 60 мин на поверхности.

Относительная поверхностная капиллярность рассчитывалась как отношение площади пятна поглощенной окрашенной жидкости на пробе к площади пробы.

Одновременно определялось водопоглощение прокладок весовым методом: каждая элементарная проба взвешивалась до проведения испытаний и после выдерживания 60 мин на сосудах с растворами.

Водопоглощение $B_п$, % рассчитывалось по формуле

$$B_п = \frac{(m_в - m_с)\,100}{m_с}, \qquad (1)$$

где $m_в$ – масса влажной элементарной пробы, г;
$m_с$ – начальная масса элементарной пробы, г.

Абсолютная поверхностная капиллярность K, мм^2:

$$K = S_к, \qquad (2)$$

где $S_к$ – площадь пятна, мм^2.

Относительная поверхностная капиллярность $K_о$, % рассчитывалась как

$$K_о = 100\frac{S_к}{S_п}, \% \quad (3)$$

где $S_п$ – площадь элементарной пробы, мм^2.

По результатам проведенных испытаний получены средние значения водопоглощения (рис. 2) и поверхностной капиллярности (рис. 3) пяти образцов прокладок от пота.

Следует отметить, что все прокладки обладают высокими поглощающими свойствами, но для одних характерно поглощение внутренним слоем, для других – верхним.

Максимальным водопоглощением обладает 4 образец прокладок от пота, минимальным – 3. Однозначное действие вида раствора на величину водопоглощения не выявлено: для прокладки 4 большее водопоглощения отмечено для щелочного раствора, у прокладок 1 и 5 большее поглощение характерно для кислого раствора.

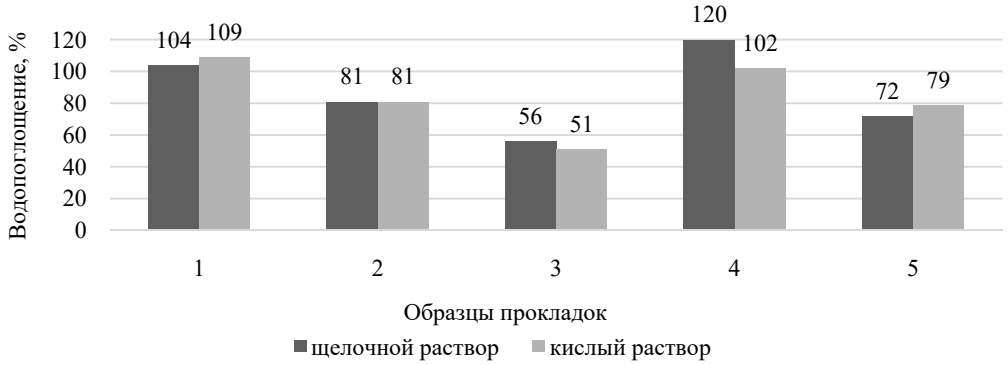


Рис. 2. Сравнение водопоглощения прокладок при действии щелочного и кислого растворов пота

Рис. 3. Сравнение относительной поверхностной капиллярности прокладок при действии щелочного и кислого растворов пота

Для всех прокладок отмечается при высокой поверхностной капиллярности пониженное водопоглощение, и наоборот.

Можно выделить образец 4 прокладки от пота, обладающий минимальной поверхностной капиллярностью. В совокупности с тем, что у данного образца прокладок наблюдается максимальное водопоглощение, можно сделать вывод о том, что жидкость в большей степени поглощается средним слоем прокладки.

Анализируя поверхностную капиллярность образцов 2 и 3 прокладок от пота, можно отметить, что жидкость распространяется преимущественно по верхнему слою пакета прокладки, образец 3 обладает максимальной поверхностной капиллярностью. Учитывая отсутствие запаянности краев данных прокладок от пота, высокая поверхностная капиллярность может привести к быстрому заполнению всей площади прокладки от пота и дальнейшему растеканию жидкости на одежде.

Следует отметить, что запаянность краев необходимо учитывать при выборе прокладок потребителем: при значительном потоотделении следует рекомендовать прокладки с высокими показателями водопоглощения внутренним сло-

ем, при малом потоотделении достаточно поглощения поверхностью и можно выбрать прокладки с наибольшей поверхностной капиллярностью.

В совокупности методика определения поверхностной капиллярности позволяет выявить связь между водопоглощением и поверхностной капиллярностью вкладышей/прокладок от пота. Можно сделать вывод о том, что наилучшим сочетанием показателей прокладок является наименьшая поверхностная капиллярность и высокое водопоглощение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М., 2005. 154 с.
2. Калмыков П. Е. Определение «сваливаемости» материалов теплой одежды // Гигиена и санитария. 1947. № 3. С. 14–17.
3. Мельцаев И. Г., Сорокин А. Ф., Мурзин Ю. А. Экология. Природопользование и охрана окружающей среды. Иваново : ИГЭУ, 2011. 643 с.
4. Коган А. Г., Зимина Е. Л. Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика // Технологии переработки текстильных отходов и способы их использования : материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф. Витебск, 2016. С. 12–14.
5. ГОСТ 3816–81. Полотна текстильные, методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. М. : Изд-во стандартов, 1997. 11 с.
6. ГОСТ 9733.6–83. Материалы текстильные. Методы испытаний устойчивости окрасок к «поту». М. : Изд-во стандартов, 2002. 11 с.
7. ГОСТ 12605–97 (ИСО 535–91). Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба). Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. 6 с.
8. Киселева В. В., Москвина М. А. Конструкторско-технологическая подготовка производства. Компьютерные графические системы в проектировании одежды. Разработка лекал женской верхней одежды с использованием САПР AutoCAD : учеб. пособие. СПб. : СПбГУПТД, 2017. 109 с.

REFERENCES

1. Solodkov A. S., Sologub E. B. Human physiology. General. Sports. Age. Moscow, 2005. 154 p. (In Russ.)
2. Kalmykov P. E. Determination of the “dumpability” of warm clothing materials. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. 1947;3:14–17. (In Russ.)
3. Meltsaev I. G., . Sorokin A. F., Murzin Yu. A. Ecology. Nature management and environmental protection. Ivanovo St. Power Engin. Univ. Publ., 2011. 643 p. (In Russ.)
4. Kogan A. G., Zimina E. L. Recycling of textile and light industry waste: theory and practice. Technologies of textile waste processing and methods of their use. Materials of the reports of the International Scientific and Practical Conference. Vitebsk, 2016. P. 12–14. (In Russ.)
5. *GOST 3816–81. Polotna tekstil’nye, metody opredeleniya gigroskopicheskih i vodoottalkivayu-shchih svojstv* [State standart 3816–81. Textile fabrics, methods for determining hygroscopic and water-repellent properties]. Moscow, Izdatelstvo Standartov Publ., 1997. 11 p. (In Russ.)
6. *GOST 9733.6–83. Materialy tekstil’nye. Metody ispytanij ustojchivosti okrasok k “potu”*. [State standart 9733.6–83. Textile materials. Methods of testing the resistance of paints to “sweat”]. Moscow, Izdatelstvo Standartov Publ., 2002. 11 p. (In Russ.)
7. *GOST 12605–97 (ISO 535–91). Bumaga i karton. Metod opredeleniya poverhnostnoj vpityvaemosti vody pri odnostoronnem smachivanii (metod Kobba).* [State standart 12605–97 (ISO 535–91). Paper and cardboard. Method for determining the surface absorbency of water during unilateral wetting (Cobb method)]. Minsk, Mezhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii Publ., 2001. 6 p. (In Russ.)
8. Kiseleva V. V., Moskvina M. A. Design and technological preparation of production. Computer graphics systems in the design of clothing. Development of patterns of women’s outerwear using AutoCAD. Saint Petersburg, Saint Petersburg St. Univ. of Industrial Technologies and Design Publ., 2017. 109 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 14.03.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 675.6
EDN IOOQPX
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-10-14
Ильфат Ильдарович Латфуллин[1]
Гульназ Раисовна Рахматуллина[2]
Ксения Игоревна Максимова[3]
[1,2,3] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия
[1] lilatfullin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0104-2312
[2] gulnaz-f@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0000-2475-5174
[3] nurieva-ksyusha@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-8184-1884

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОТОКОМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОНОВ НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ И ПОРИСТОСТЬ ПОЛУФАБРИКАТА МЕХОВОЙ ОВЧИНЫ

Аннотация. *В работе представлены результаты исследования влияния низкоэнергетических ионов, генерируемых из слоя положительного заряда ВЧЕ-разряда, на показатели качества меховой овчины. Установлено, что обработка низкоэнергетическими ионами полуфабриката до проведения процесса додубливания способствует интенсификации диффузии дубителя внутрь дермы. Показано влияние плотности ионного тока и энергии ионов на термостойкость меховой овчины. По показателям пористости и содержанию жировых веществ исследована степень диффузии жировых эмульсий в зависимости от параметров модификации. Также установлено влияние параметров плазменной модификации на физико-механические показатели полуфабриката меховой овчины.*
Ключевые слова: *поток низкоэнергетических ионов, модификация, меховая овчина, термостойкость, пористость, прочностные показатели, ВЧЕ-разряд*

Для цитирования. Латфуллин И. И., Рахматуллина Г. Р., Максимова К. И. Влияние модификации потоком низкоэнергетических ионов на термостойкость и пористость полуфабриката меховой овчины // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 10–14. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-10-14.

Original article
Ilfat I. Latfullin[1]
Gulnaz R. Rakhmatullina[2]
Ksenia I. Maximova[3]
[1,2,3] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

INFLUENCE OF MODIFICATION BY LOW-ENERGY IONS FLOW ON HEAT RESISTANCE AND POROSITY OF WOOLLY SHEEPSKIN SEMI-FINISHED PRODUCT

Abstract. *The article deals research results the influence of low energy ions generated from the positive charge layer radio-frequency capacitive discharge on the quality indicators of woolly sheepskin. It was found low energy ions treatment of semi-finished product before the retanning process promotes intensification of tanning agent diffusion inside the hide tissue. The influence of ionic current density and ion energy on the heat resistance of woolly sheepskin is shown. The fat liquor emulsions diffusion degree depending on the modification parameters was investigated by porosity and fat content indicators. The influence of plasma modification parameters on physical and mechanical indicators of woolly sheepskin semi-finished product was also established.*
Keywords: *low-energy ions flow, modification, woolly sheepskin, heat resistance temperature, porosity, leather tissue strength indicators, high-frequency capacitive discharge*

For citation: Latfullin I. I., Rakhmatullina G. R., Maximova K. I. Influence of modification by low-energy ions flow on heat resistance and porosity of woolly sheepskin semi-finished product. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 10–14. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-10-14.

© Латфуллин И. И., Рахматуллина Г. Р., Максимова К. И., 2025

Технологический процесс изготовления кожевенно-меховых изделий представляет определенную последовательность процессов и операций. Конечной целью производителей является получение меховых изделий высокого качества и, соответственно, прибыль от их реализации. На итоговые показатели качества меховых полуфабрикатов и готовых изделий влияет значительное количество факторов: вид сырья, правильное его консервирование, температурно-временные режимы проведения процессов и т. д. Кроме этого, кожевая ткань испытывает значительные нагрузки при проведении механических операций: мездрение, центрифугирование, тянульно-мягчильные операции. Недостатком жидкостных процессов является применение дорогостоящих химических реагентов и их влияние на экологичность производства. Недостатками механических операций, в первую очередь, является возможность повреждений обрабатываемого материала.

Для интенсификации жидкостных процессов применяют обострители, механическое воздействие и повышение концентраций растворов [1]. Однако указанные методы несущественно влияют на протекание жидкостных процессов. Все большее внимание уделяется современным экологичным методам обработки, позволяющим обеспечивать как модификацию характеристик обрабатываемого материала, так и интенсифицировать выбираемость химических реагентов [2]. К таким методам обработки относится модификация материала потоком низкоэнергетических ионов, генерируемых в высокочастотной плазме емкостного разряда (ВЧЕ) пониженного давления [3–8].

Объектом исследования является полуфабрикат меховой овчины с дефектами структуры кожевой ткани, приводящими к снижению прочностных показателей. В ходе исследования оценивалась термостойкость мехового полуфабриката, его пористость, намокаемость и физико-механические показатели после процессов додубливания и отбеливания.

Результаты экспериментов. Эффект воздействия потока низкоэнергетических ионов на меховой полуфабрикат определялся в сравнении с контрольными образцами без модификации в среде низкоэнергетических ионов. ВЧЕ плазменную обработку мехового полуфабриката проводили при следующих значениях: давление p в области обработки составляло 26,6 Па, расход аргона G_{Ar} – 0,04 г/с, время модификации τ – 5 мин. Характеристики потока низкоэнергетических ионов: ионный ток J_i от 0,3 до 1,0 А/м^2, кинетическая энергия ионов W_i от 77,0 до 79,5 эВ. Влияние ВЧЕ плазменной модификации на термостойкость кожевой ткани мехового полуфабриката представлено на рисунке 1.

Согласно представленным данным, термостойкость образцов полуфабриката меховой овчины после модификации низкоэнергетическими ионами, генерируемыми в среде струйной плазмы высокочастотного разряда при $J_i = 0{,}83$ А/м^2 и $W_i = 77{,}0$ эВ (режим 1), превышает значения контрольного образца на 7 °С: 96 °С опытного образца и 89 °С контрольного образца.

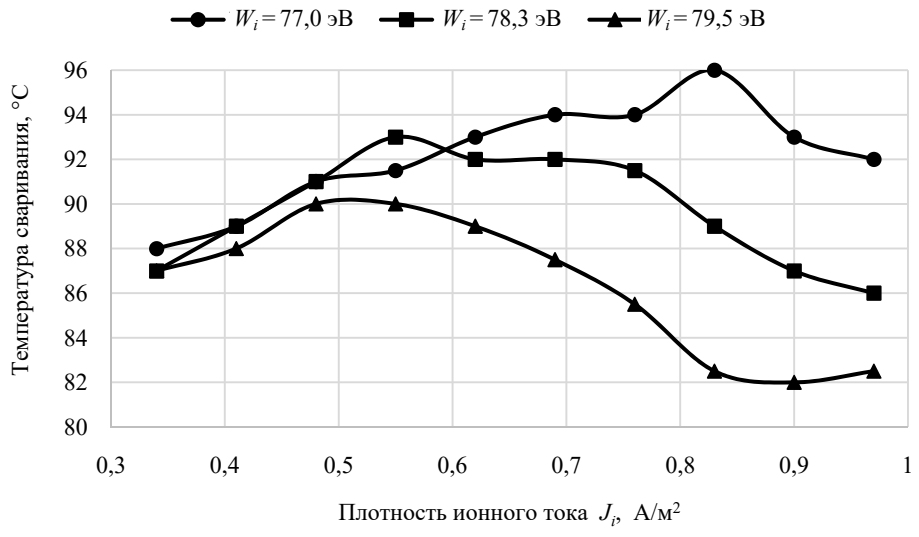


Рис. 1. Зависимость температуры сваривания от параметров плазменной модификации

Полученный результат объясняется интенсификацией диффузии и связывания дубителя кожевой тканью. Термостойкость опытных образцов при режиме обработки $J_i = 0{,}9$ А/м^2 и $W_i = 79{,}5$ эВ (режим 3) до процесса додубливания составляет 82 °С, что ниже значения контрольного образца на 4 °С. При этом наблюдается незначительное увеличение гидрофильных свойств кожевой ткани. На рисунке 2 представлены данные по показателям пористости и намокаемости кожевой ткани мехового полуфабриката.

Как видно из приведенных данных, показатели намокаемости и пористости опытных образцов в целом незначительно выше контрольного образца. В случае $J_i = 0{,}9$ А/м^2 и $W_i = 79{,}5$ эВ показатель намокаемости опытного образца находится на уровне контрольного. Объемная обработка потоком низкоэнергетических ионов изначально происходит в макропорах кожного покрова, что приводит к перераспределению микропор [9, 10]. Пористость кожевой ткани, ее микропористость и структура в целом фиксируются в процессе дубления. Окончательная ее фиксация происходит при сушке. Повышение J_i до 0,8 А/м^2 и W_i до 77,0 эВ приводит к разволокнению структуры дермы, позволяющей интенсифицировать жидкостные процессы и повысить технологические свойства полуфабриката меховой овчины. Также повышаются эластичность и мягкость полуфабриката, прошедшего процесс отбеливания.

Степень диффузии жировых эмульсий оценивалась по показателю пористости и содержанию жировых веществ. Результаты представлены в таблице 1.

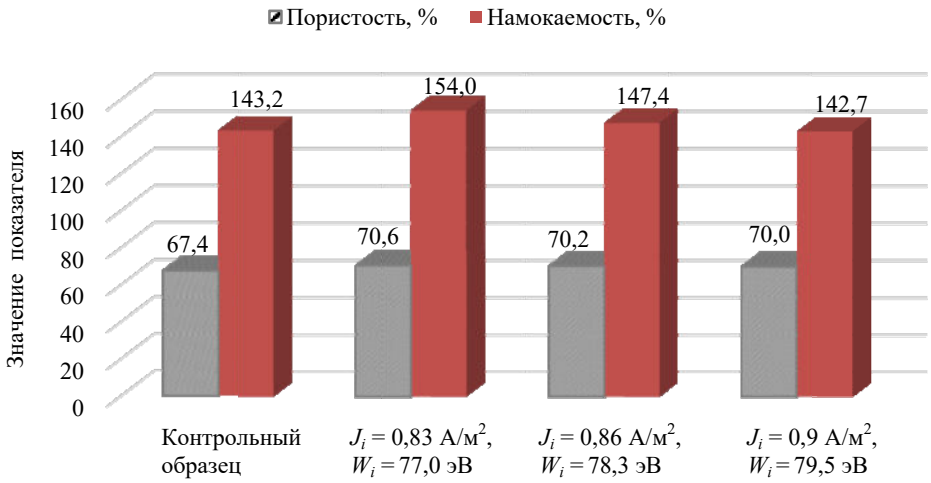


Рис. 2. Показатели намокаемости и пористости мехового полуфабриката

Таблица 1

Показатели содержания жира и пористости образцов

Показатель	Процесс	Контрольный образец	$J_i = 0{,}83$ А/м^2, $W_i = 77{,}0$ эВ	$J_i = 0{,}9$ А/м^2, $W_i = 79{,}5$ эВ
Содержание жировых веществ, %	Додубливание	9,3	12,1	9,0
	Отбеливание	10,8	13,2	10,2
Пористость, %	Додубливание	66,4	63,9	68,1
	Отбеливание	63,5	59,5	65,0

По представленным результатам видно, что обработка низкоэнергетическими ионами, генерируемыми в среде ВЧЕ-разряда при пониженном давлении, приводит в определенных режимах к изменению пористости и, как следствие, содержания жира в кожевой ткани в отличие от образцов без обработки. Так, у опытных образцов, обработанных в режиме $J_i = 0{,}83$ А/м^2, $W_i = 77{,}0$ эВ, пористость снижается по сравнению с контрольным образцом. Пористость опытных образцов, обработанных в режиме $J_i = 0{,}9$ А/м^2, $W_i = 79{,}5$ эВ, выше значений контрольного образца. Уменьшение пористости образцов, обработанных в режиме $J_i = 0{,}83$ А/м^2, $W_i = 77{,}0$ эВ, связано с более интенсивной сорбцией кожевой тканью жирующих веществ, что видно по показателю содержания жировых веществ.

Известно [11], что регулирование прочностных характеристик кожевой ткани проводится с помощью плазменной модификации. В данной

работе физико-механические параметры: прочность на растяжение $\sigma_р$, предел прочности при появлении трещин лицевого слоя $\sigma_{л.с}$, удлинение при разрыве Δl_p и удлинение при появлении трещин лицевого слоя $\Delta l_{л.с}$ определялись после процесса отбеливания (табл. 2).

Таблица 2

Прочностные показатели меховой овчины

Характеристика	Образец до обработки	Параметры потока низкоэнергетических ионов I: J_i = 0,83 А/м^2, W_i = 77,0 эВ	Параметры потока низкоэнергетических ионов II: J_i = 0,9 А/м^2, W_i = 79,5 эВ
$\sigma_р$, МПа	9,2	11,6	9,6
$\sigma_{л.с}$, МПа	8,9	9,8	9,3
$\Delta l_р$, %	121,0	132,0	105,0
$\Delta l_{л.с.}$, %	101,0	116,0	96,0

По результатам исследования физико-механических характеристик меховой овчины установлено, что $\sigma_р$ опытных образцов превышает значения контрольных на 4,3...26,1 %. Обработка меховой овчины в режиме J_i = 0,83 А/м^2, W_i = 77,0 эВ позволяет повысить $\sigma_р$ на 26,1 % и $\Delta l_р$ на 9,1 % в отличие от образцов без обработки. Указанный режим является оптимальным для обработки меховой овчины потоком низкоэнергетических ионов, генерируемых в среде ВЧЕ-разряда при пониженном давлении. В режиме обработки J_i = 0,83 А/м^2, W_i = 77,0 эВ достигаются оптимальные значения показателей $\sigma_р$ и $\Delta l_р$. Повышение параметров обработки низкоэнергетическими ионами J_i и W_i ведет к снижению прочностного показателя $\sigma_р$ до уровня контрольного образца. Показатель $\Delta l_р$ опытного образца снижается на 13,2 % по сравнению со значением контрольного образца.

За счет интенсификации диффузии дубителя и жиров внутрь дермы после плазменной модификации меховой овчины образцы, обработанные в режиме J_i = 0,83 А/м^2, W_i = 77,0 эВ, меньше подверглись деструктирующему действию на кожевую ткань перекиси водорода в процессе отбеливания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Островская А. В., Лутфуллина Г. Г., Абдуллин И. Ш. Химия и технология кожи и меха: теоретические основы : учеб. пособие. М. : Юрайт, 2018. 162 с. (Серия: Университеты России).
2. О возможности регулирования сорбционных свойств меха путем модификации ВЧ-плазмой / Е. А. Панкова, И. Ш. Абдуллин, М. А. Адакова, Л. Ю. Махоткина, О. В. Фукина // Кожевенно-обувная промышленность. 2009. № 6. С. 35–36.
3. Вознесенский Э. Ф., Шарифуллин Ф. С., Абдуллин И. Ш. Теоретические основы структурной модификации материалов кожевенно-меховой промышленности в плазме высокочастотного разряда пониженного давления : монография. Казань : КГТУ, 2011. 364 с.
4. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б. А. Артамонов, Ю. С. Волков, В. И. Дрожалова [и др.] ; под ред. В. П. Смоленцева. М. : Высшая школа, 1983. 456 с.
5. Калукова М. Н., Гарифуллина А. Р. Влияние ВЧ-плазмы пониженного давления на физико-механические свойства полуфабриката кролика в процессе структурирования неизоцианатными уретанами // Вестник науки и творчества. 2016. № 8. С. 54–57.
6. Панкова Е. А., Рахматуллина Г. Р. Исследование влияния ВЧЕ-плазмы пониженного давления на механические свойства мехового полуфабриката из шкурок кролика // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование : сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. Улан-Удэ, 2022. С. 121–125.
7. Modification of the materials based on protein fibers in a low-pressure high-frequency plasma flow / G. R. Rakhmatullina, E. A. Pankova, O. V. Fukina, M. Khayytov, L. V. Chapaeva // Journal of Physics : Conference Series. 2022. Vol. 2270, is. 1. P. 012056–012056. doi:10.1088/1742-6596/2270/1/012056.
8. Сысоев В. А., Гарифуллина А. Р. Влияние плазменной активации наноструктуры коллагена на процесс бесхромового дубления меховой овчины // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 11. С. 590–594.
9. Physical processes in capillary-porous material and coating in HF plasma at decreased pressure / G. R. Rakhmatullina, D. K. Nizamova, E. A. Pankova, E. Yu. Ryazantseva, R. F. Akhverdiev, V. P. Tikhonova, M. Shaekhov // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1328, is. 1. P. 012065. doi: 10.1088/1742-6596/1328/1/012065.

10. Рахматуллина Г. Р., Абдуллин И. Ш., Кудинов В. В. Гидрофобизация поверхности натуральных белковых материалов при воздействии неравновесной низкотемпературной плазмы // Физика и химия обработки материалов. 2009. № 6. С. 16–18.
11. Кузьмина О. Н., Хайдарова Л. М., Гребенщикова М. М. Исследование изменения прочностных свойств кожевенного материала, модифицированного плазменными методами // Вестник технологического университета. 2014. Т. 17, № 11. С. 100–102.

REFERENCES

1. Ostrovskaya A. V., Lutfullina G .G., Abdullin I. Sh. Chemistry and technology of leather and fur: theoretical foundations. Moscow, Yurait Publ., 2018. 162 p. (Series: Universities of Russia). (In Russ.)
2. Pankova E. A., Abdullin I. S., Adakova M. A., Mahotkina L. Yu., Fukina O. V. About possibility of the regulation sorbtion characteristic of the fur by modification HF plasma. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and shoe industry]. 2009;6:35–36. (In Russ.)
3. Voznesensky E. F., Sharifullin F. S., Abdullin I. Sh. Theoretical bases of structural modification of leather and fur industry materials in radio-frequency discharge plasma of reduced pressure. Kazan, Kazan St. Techn. Univ., 2011. 364 p. (In Russ.)
4. Artamonov B. A., Volkov Yu. S., Drozhalova V. I. et al., V. P. Smolencev (ed.). Electrophysical and electrochemical methods of materials processing. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1983. 456 p. (In Russ.)
5. Kalukova M. N., Garifullina A. R. Influence of RF plasma of reduced pressure on physical and mechanical performance of rabbit semi-finished product in the process of structuring by non-isocyanate urethanes *Vestnik nauki i tvorchestva* [Bulletin of Science and Creativity]. 2016;8(8):54–57. (In Russ.)
6. Pankova E. A., Rakhmatullina G. R. Investigation of the effect of low-pressure HF plasma on the mechanical properties of the semi-finished fur product from rabbit skins. *Kozha i mekh v XXI veke: tekhnologiya, kachestvo, ekologiya, obrazovanie* [Leather and Fur in the XXI century: technology, quality, ecology, education]. Ulan-Ude, 2022. P. 121–125. (In Russ.)
7. Rakhmatullina G. R., Pankova E. A., Fukina O. V., Khayytov M., Chapaeva L. V. Modification of the materials based on protein fibers in a low-pressure high-frequency plasma flow. Journal of Physics : Conference Series. 2022;2270,1:012056–012056. doi:10.1088/1742-6596/2270/1/012056.
8. Sysoev V. A., Garifullina A. R. Influence of plasma activation of collagen nanostructure on the process of chrome-free tanning of fur sheepskin. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2010;11:590–594. (In Russ.)
9. Rakhmatullina G. R., Nizamova D. K., Pankova E. A., Ryazantseva E. Yu., Akhverdiev R. F., Tikhonova V. P., Shaekhov M.. Physical processes in capillary-porous material and coating in HF plasma at decreased pressure. Journal of Physics: Conference Series. 2019;1328,1:012065. doi: 10.1088/1742-6596/1328/1/012065.
10. Rakhmatullina G. R., Abdullin I. Sh., Kudinov V. V. Hydrophobisation of natural protein materials surface under the action of non-equilibrium low-temperature plasma. *Fizika i himiya obrabotki materialov* [Physics and Chemistry of Materials Processing]. 2009;6:16–18.
11. Kuzmina O. N., Khaidarova L. M., Grebenshchikova M. M. Research of strength performances changes of tannery material modified by plasma methods. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2014;17,11:100–102.

Статья поступила в редакцию 21.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 677.017
EDN MZXRUZ
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-15-22
Азиза Шохратовна Иргашева[1]
Любовь Леонидовна Чагина[2]
[1,2] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1] zyuzik_93@mail.ru, , https://orcid.org/0000-0002-5319-8896
[2] lyu-chagina@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-0351-8177

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. *Статья посвящена анализу современного оборудования, используемого для переработки текстильных отходов – одной из ключевых задач в контексте устойчивого развития и сокращения экологического следа индустрии моды. Особое внимание уделено функциональным особенностям оборудования, его эффективности, энергоемкости и возможности интеграции в производственные циклы. Статья подчеркивает важность внедрения таких технологий для снижения объемов захоронения отходов, сокращения потребления первичного сырья и перехода к циркулярной экономике. Также рассматриваются направления развития переработки текстиля, новые тенденции, которые могут изменить подход к утилизации отхода. В работе подчеркивается необходимость совместного сотрудничества между модными брендами, научными институтами, производителями оборудования для внедрения ответственного производства в текстильной и легкой промышленности.*
Ключевые слова: *отходы, переработка, технологии замкнутого цикла, оборудование, текстильная и легкая промышленность, устойчивое развитие, утилизация*

Для цитирования. Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л. Современные технологии и инструменты, направленные на реализацию принципов устойчивого развития в текстильной и легкой промышленности // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 15–22. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-15-22.

Original article
Aziza Sh. Irgasheva[1]
Lyubov' L. Chagina[2]
[1,2] Kostroma State University, Kostroma, Russia

MODERN TECHNOLOGIES AND TOOLS AIMED AT IMPLEMENTING THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

Abstract. *The article is devoted to the analysis of modern equipment used for processing textile waste, which is one of the key tasks in the context of sustainable development and of reducing the environmental footprint of the fashion industry. Special attention is paid to the functional features of the equipment, its efficiency, energy intensity and the possibility of integration into production cycles. The article highlights the importance of introducing such technologies to reduce waste disposal and consumption of primary raw materials, and transition to circular economy. The directions of textile recycling development and new trends that may change the approach to waste disposal are also considered. The paper highlights the importance of joint cooperation between fashion brands, scientific institutes, and equipment manufacturers for the introduction of responsible manufacturing in the textile industry.*
Keywords: *waste, recycling, closed-loop technologies, equipment, textile and light industry, sustainable development, utilisation*

For citation: Irgasheva A. Sh., Chagina L. L. Modern technologies and tools aimed at implementing the principles of sustainable development in the textile and light industry. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 15–22. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-15-22.

© Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л., 2025

В 2015 году около двухсот государств – членов ООН приняли глобальные цели устойчивого развития (ЦУР), включающие семнадцать целей, выстроенных вокруг трех компонентов: социального, экологического и экономического. Двенадцатой целью ООН в области устойчивого развития является обеспечение рациональных моделей потребления и производства (ответственное потребление и производство) [1]. Для реализации данной концепции производители должны минимизировать нагрузку на окружающую среду, а потребители – бережнее относиться к ресурсам, практиковать повторное использование и делать выбор в пользу более экологичных продуктов.

Переработка вторичного сырья является одним из актуальных направлений при переходе к рациональным моделям потребления и производства. Из-за развития так называемой быстрой моды образуется большое количество низкокачественной одежды в сочетании с более быстрой и высокой степенью утилизации. Эта тенденция привела к тому, что на сегодняшний день постпромышленные и постпотребительские текстильные отходы вывозятся на свалки или сжигаются.

Процесс переработки потребительских текстильных отходов трудоемкий и состоит из последовательных этапов: сбор, сортировка, транспортировка, переработка. Переработка текстильных отходов позволяет индустрии моды двигаться в направлении экономики замкнутого цикла. Актуальность рассматриваемой проблемы подтверждают проводимые научные исследования [2–10]. Учеными предложены некоторые альтернативы для уменьшения объема текстильных отходов в промышленности и при сборе коммунальных отходов [2]. Разработана схема движения текстильных отходов и система мероприятий по стимулированию их переработки [3]. Реализован способ переработки межлекальных отходов прорезиненных тканей, образующихся при производстве средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа, а также самих костюмов с истекшим сроком хранения в композиционные материалы путем дробления и скрепления с полимерным связующим [4]. Осуществлены исследования по выявлению сильных и слабых сторон, возможностей и угроз реализации концепции ответственного потребления в модной индустрии [6]. Разработан способ получения композиционных материалов для изготовления одежды из текстильных отходов [6]. Исследовательский проект RESYNTEX ориентирован на поиск новой циркулярной бизнес-модели для химической и текстильной отраслей и изучение возможностей получения вторичного сырья из непригодных для носки отходов текстильной промышленности. В ряде работ рассматривается возможность применения принципов бережливого производства на текстильных и швейных предприятиях [7, 8].

При переходе к устойчивым моделям производства важно учитывать необходимость в усовершенствовании стадий обработки, включая инновационные технологии, что могло бы сократить потребление воды, энергии, химических веществ. На сегодняшний день замена «мокрых» процессов, таких как крашение, отбеливание, мерсеризация, печать и аппретирование, на сухие методы, такие как лазерная обработка, ультразвуковое крашение, является ключевым направлением. Рассматриваемые технологии практически не требуют смывки. Такой переход может привести к сокращению выбросов CO_2 до 89 % и снизить потребление воды [11].

Существуют компании в области машиностроения, которые работают в направлении совершенствования технологических процессов. Создана технология ионизированной формы газа для нанесения на поверхность ткани, при которой удаляются загрязнения. Преимуществом данной технологии является отсутствие выбросов и низкое энергопотребление [12].

Компания MTIX (Великобритания) разработала мультиплексную лазерную систему улучшения поверхности MLSE® для экологически безопасной обработки текстильных изделий. С помощью лазерной плазмы можно непрерывно в больших объемах обрабатывать поверхность тканей всех типов, создавать долговечные технические характеристики и отделку [12].

Итальянская компания GRINP производит оборудование, используя собственную технологию «атмосферной плазмы». Промышленные машины данного производителя способны заменить традиционные методы предварительной обработки, например операции отбеливания. Компактное, модульное оборудование PLAtex самоочищается и функционирует без воды. Для точного количества нанесения красителя и средств отделки ткани создано оборудование цифрового окрашивания. Процесс контролируется цифровым способом, при этом требуется незначительное количество воды, меньше красителей и химических средств, чем в традиционных способах окрашивания ткани. Данный процесс отличается от цифровой печати за счет создания рисунков на поверхности ткани методом распыления. Для цифровой печати часто требуются дорогие

специальные чернила, тогда как для окраски распылением можно использовать традиционные красители.

Индийский производитель “Alchemie technology” реализует цифровую технологию струйной обработки с использованием красильной машины Endeavour и отделочной Novara. Применяемая технология обеспечивает глубокое проникновение красителей и отделочных элементов в волокно. В дополнение в результате применения инфракрасного излучения реализован запатентованный процесс фиксации красителя на поверхности ткани [13].

Шведская компания “Imogo” разработала цифровую технологию крашения с использованием сверхкритического CO_2. Суть методики состоит в том, что углекислый газ в сверхкритическом состоянии заменяет воду в качестве растворителя. Это означает, что на этапе окрашивания не требуется использование воды, что делает его альтернативой традиционным «мокрым» процессам. Процесс крашения с использованием сверхкритического CO_2 начинается с подготовки углекислого газа: элемент сжимают и нагревают в специальном реакторе до достижения сверхкритического состояния. Данное состояние возникает при температуре около 31°C и давлении 73 атм. После этого в сверхкритический CO_2 добавляют сухой краситель, чаще всего предназначенный для синтетических волокон. Материал (ткань или волокно) помещают в автоклав, сверхкритический CO_2 проникает в структуру материала, распределяя краситель на молекулярном уровне. После завершения процесса давление в системе снижают, это приводит к переходу CO_2 обратно в газообразное состояние. Преимущество этой технологии заключается в том, что этап промывки полностью исключается, краситель не накапливается в материале, а улетучивается вместе с CO_2. Это не только сокращает расход воды, но и предотвращает образование токсичных сточных вод, делая процесс экологически безопасным.

Производитель “Sonovia” (Израиль) предложил ультразвуковую технологию для пропитки тканей различными составами: антимикробными, гидрофобными, огнезащитными или УФ-барьерными покрытиями. Идея состоит в том, что ультразвуковые волны создают микроскопические пузырьки в жидкости, которые генерируют высокоэнергетические струи. Эти струи интегрируют вещество в волокна ткани, что обеспечивает долговечность покрытия. Оборудование для пропитки представляет собой модульную установку, которая включается в текстильные линии. Ткань пропускается через ванну с раствором, например, оксидом цинка для антимикробного эффекта. После обработки ткань высушивают, при этом этап промывки не требуется, так как избыток реагентов в процессе не образуется. Данный метод сокращает расход воды на 90 %. Во время пандемии технология использовалась для массового производства масок с антивирусным покрытием.

Китайская компания “Indidye” использует акустические технологии (звуковые волны) для инновационного нанесения натуральных красителей на текстиль. Как и в технологиях производителя “Sonovia”, звуковые волны (частота 20...100 кГц) создают микроскопические пузырьки в жидком растворе красителя. “Indidye” использует растительные красители (индиго, хну, куркуму, экстракты листьев и корней), которые, как правило, менее стойкие, чем синтетические, но их сочетание с акустической обработкой улучшает фиксацию. Бренды, ориентированные на устойчивость, могут использовать такие технологии для сертификации GOTS или Fair Trade.

Использование озона в текстильной и легкой промышленности набирает популярность в качестве экологичной альтернативы традиционным методам. Среди компаний, активно применяющих озон для сокращения ресурсопотребления, следует отметить швейцарскую компанию “Ozonia” и индийскую “Ecotex”, использующие озон для удаления загрязнения на поверхности ткани, что упрощает последующую стирку. Бренды H&M и Zara тестируют озонное отбеливание джинсовых тканей в рамках программ устойчивого развития [14].

При производстве джинсовой ткани в качестве альтернативы ручному выскабливанию могут быть использованы лазерные технологии. С помощью лазера можно создавать винтажные эффекты, узоры, намеренные дыры и разрывы на одежде. Процесс начинается с создания дизайна в цифровом формате. Далее лучом лазера выжигается верхний слой полотна или изделия, создавая нужный эффект. Для смягчения ткани может применяться технология “eFlow”, разработанная компанией “Jeanologia” (Испания) и предназначенная для экологической отделки джинсовой ткани.

“Tonello” и “Jeanologia” (Испания) – компании, которые производят и продают различные технологии промышленного окрашивания и отделки. Они используют озоновые и лазерные технологии и уделяют особое внимание экологичности джинсовых тканей (рис. 1).

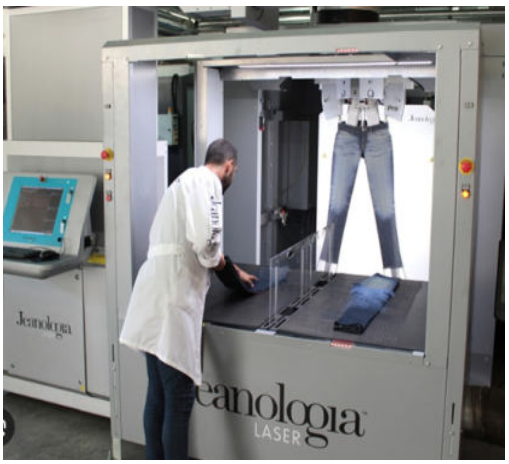


Рис. 1. Лазерная обработка джинсовых брюк от компании “Jeanologia” [15]

Одним из важнейших приоритетов индустрии моды является поиск высокоэффективных водо- и маслоотталкивающих средств, не содержащих перфторуглерод (ПФУ). Вместо ПФУ могут быть использованы другие синтетические химические вещества, например, силикон или химические вещества на биологической основе, такие как воск, древесина, растворы на биологической основе. Из-за высокой токсичности от использования ПФУ необходимо постепенно отказываться и переходить к безопасным альтернативным вариантам.

Американская компания “OSM Shield ZERO” разработала технологию придания тканям высоких водо- и маслоотталкивающих свойств без применения соединений перфторалкила и связанных с ними токсинов. Эта химическая технология включает нанесение эмульсии традиционными методами на все типы волокон, но основное внимание уделяется хлопчатобумажным и полиэфирным тканям.

Поиск метода вторичной переработки для разделения и переработки смесовых волокон уже давно является одной из главных целей «модных гигантов». В 2016 году фонд H&M запустил программу Recycling Revolution совместно с Гонконгским научно-исследовательским институтом текстиля и одежды (HKRITA) с целью создания метода для разделения смесовых волокон тканей с применением «зеленых машин». Оборудование не загрязняет атмосферу, так как работает по принципу замкнутого цикла, в котором все элементы используются повторно. На выходе образуются полиэфирные волокна и целлюлозный порошок. Отделенные полиэфирные волокна могут быть переработаны и использованы для создания новых материалов [16].

Первостепенное значение для переработки имеет сортировка, однако данный процесс является трудоемким и сложным. Качественная сортировка увеличивает количество извлеченных полезных материалов и минимизирует отправляемые на свалку отходы. Одежда сортируется по волокнистому составу, цвету, качеству. После сортировки вручную удаляются этикетки, молнии, пуговицы, нашивки, металлические детали и другая фурнитура. На сегодняшний день на рынке представлено крайне незначительное количество оборудования для переработки текстильных отходов, в том числе для сортировки и разделения текстильных отходов.

Сортировочная машина Mistral + connect французской компании “Pellenc ST” – это универсальное оборудование для сортировки бытовых и промышленных отходов. Для сортировки материалов используются технологии ближнего инфракрасного излучения и среднего инфракрасного излучения. Машина способна обрабатывать 4 тонны отходов в час [17].

Корейский научно-исследовательский институт химической технологии (KRICT) разработал технологию замкнутого цикла переработки текстильных отходов. Исследовательская группа использовала биоразлагаемое соединение для химического выделения полиэстера из смеси отходов тканей (рис. 2).

Химическая переработка превращает полимерные отходы в исходные материалы, потенциально может обеспечить цикличность в переработке полиэфирных отходов, в то время как механическая переработка может быть использована для получения материала только более низкого качества. При обычном способе химической переработки для полного разложения полиэстера требуется высокая температура реакции, превышающая 200 °C.

Рис. 2. Химическая сортировка для выборочного сбора полиэстера из отходов пластмасс и текстиля [18]

Исследователи KRICT разработали систему реакции низкотемпературного гликолиза для превращения химически отсортированных от-

ходов полиэфира в чистый бис-(2-гидроксиэтил) терепталат, который является важным строительным блоком для получения новых полимеров. Мономерные соединения, полученные в результате химической переработки, обладают качеством, эквивалентным качеству, получаемому из нефти, поскольку при химической сортировке используется то же самое соединение. Реакционная система может быть легко и экономично интегрирована с технологией химической сортировки для применений, связанных с переработкой пластика или текстиля, где существуют требования к высокому качеству продукции [19].

Многопрофильные научно-исследовательские группы в настоящее время работают над созданием крупномасштабных установок для химической переработки отходов одежды. На сегодняшний день технология химической переработки лицензирована компанией “Renew System Co., Ltd” (Южная Корея).

При механической переработке текстильный материал превращается в новый материал без изменения его структуры. Отходы сортируются, проходят чистку от фурнитур и измельчаются. В процессе измельчения длина волокон значительно сокращается. Для измельчения отходов применяются шредеры. На сегодняшний день на рынке представлены различные шредеры отечественного и зарубежного производства [20].

Подольский завод с 2016 года выпускает промышленное оборудование для переработки, утилизации, сортировки полимеров и вторсырья, в частности одновальные и двухвальные шредеры. Из зарубежных компаний существуют такие производители, как “Shred-tech” (Канада) и “Franklin Miller” (США). Shred-Tech® предлагает модели одних из самых высококачественных промышленных шредеров в мире. Компания существует с 1978 года. Отдел исследований и разработок Shred-Tech® разработал и внедрил множество усовершенствований, которые снизили расход топлива и выбросов вредных веществ.

Французская компания “Laroche”, основанная в 1926 году, является одним из мировых лидеров в области производства оборудования для переработки волокон и создания технологий вторичной переработки материалов. Компания выпускает автоматизированное оборудование для переработки текстильных отходов с разным волокнистым составом. Полученные материалы применяются в различных областях: для производства матрасов, мебели, изоляционных материалов, подложки для ковров в автомобилях и прочего [21].

Процессы переработки отходов в компании “Laroche” включают:

– переработку текстильных отходов (промышленных и бытовых);
– переработку готовых текстильных изделий с автоматическим удалением фурнитуры (пуговиц, молний и прочих нетекстильных включений);
– разволокнение кромок в online или offline режиме на производстве нетканых материалов;
– переработку отходов производства подгузников и гигиенической продукции для получения вторичной целлюлозы.

В 1980 году английский инженер Кен Милль создал компанию “Ken Mills Engineering Ltd”, которая занимается проектированием и производством систем для переработки отходов. За четыре десятилетия компания сделала значительные успехи в этой области. Оборудование для переработки отходов включает измельчитель тюков с функцией металлодетектора. Отходы текстиля сбрасываются на подвижной пол, из которого подаются на шипованную ленту. Шипованный ремень разрывает упакованный в тюки материал и измельчает его. Далее измельченные отходы равномерно подаются на конвейер и проходят через металлодетектор. Отходы, содержащие металлическую фурнитуру, такие как молнии, булавки, пуговицы, заклепки и т. д., автоматически отбраковываются и помещаются в специальный контейнер. Чистый материал собирается в отдельный контейнер для дальнейшей переработки.

ВЫВОДЫ:

1. В результате выполненного исследования выявлены и проанализированы технологические инновации в области отделки текстиля на стадиях крашения, отбеливания, мерсеризации, печати, аппретирования, которые способны сократить потребление воды, энергии, химических веществ, что в конечном итоге направлено на переход к ответственным моделям производства.

2. Показано, что переработка вторичного сырья является одной из актуальных проблем в области устойчивого развития, что подтверждает необходимость осуществления научных исследований и разработок в направлении создания технологий переработки постпромышленных и постпотребительских текстильных отходов.

3. Проведен аналитический обзор мировых лидеров в области производства оборудования для переработки волокон и создания тех-

нологий вторичной переработки материалов, который показал, что в настоящее время как в России, так и за рубежом существует потребность в совершенствовании исследуемых процессов за счет перехода к технологиям замкнутого цикла.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цели в области устойчивого развития // ООН : офиц. сайт. URL: https://www.un.org/sustainable development/ru/sustainable-development-goals (дата обращения: 22.04.2025).
2. Баранова А. Ф., Мамедов С. Н., Погодина И. В. Минимизация объема отходов, генерируемых текстильной промышленностью // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5(383). С. 283–287.
3. Голов Р. С., Костыгова Л. А., Смирнов В. Г. Использование текстильных отходов: анализ состояния и перспективы развития // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5(395). С. 241–250.
4. Полимерно-волокнистые композиты на основе отходов прорезиненных тканей / Е. Ю. Гаврилюк, А. А. Азанова, Р. Р. Мустафина, А. А. Сухова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 6(414). С. 295–299.
5. Каюмова Р. Ф., Неволяни Ю. М. Пути использования текстильных отходов на примере межлекальных выпадов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1. С. 108–113.
6. Кащеев О. В., Усик С. П., Вингерт А. И. Ответственное потребление как новая парадигма культуры современного общества // Вестник славянских культур. 2021. № 61. С. 127–135.
7. Принципы внедрения бережливого производства на швейных предприятиях / М. А. Нуржасарова, Л. Т. Сарттарова, Д. Б. Дикенова [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5(383). С. 187–191.
8. Применение инструментов бережливого производства на примере организации работы склада отделочного производства текстильного предприятия / Д. Н. Шушунин, А. В. Круглов, В. А. Зяблов, Н. А. Грузинцева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 5(413). С. 20–24.
9. Герасимович Е. М. Проблемы и перспективы вторичной переработки отходов текстильной промышленности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-iperspektivy-vtorichnoy-pererabotki-othodov-tekstilnoy-promyshlennosti (дата обращения: 24.04.2025).
10. Бекмуродова О. А. к., Илюшина С. В., Минязова А. Н. Проблемы переработки отходов текстильной и легкой промышленности // Архивариус. 2016. № 10(2). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemypererabotki-othodov-tekstilnoy-i-legkoypromyshlennosti (дата обращения: 24.04.2025).
11. Gardetti M. A. Introduction and the concept of circular economy // Circular Economy in Textiles and Apparel / ed. S. S. Muthu. Cambridge : Woodhead Publishing, 2019. P. 1–11. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102630-4.00001-7.
12. De Jesus A., Mendonça S. Lost in Transition Drivers and Barriers in the Ecoinnovation Road to the Circular Economy // Ecological Economics. 2018. Vol. 145. P. 75–89.
13. Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л., Трынова А. В. Перспективы внедрения систем замкнутого цикла в индустрии моды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 5–14.
14. Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges / B. V. Todeschini, M. N. Cortimiglia, D. Callegarode-Menezes, A. Ghezzi // Business Horizons. 2017. P. 759–770.
15. SGS, Jeanologia Partner to make laser finishing more efficien // Sourcing Journal. URL: https://sourcingjournal.com/denim/denim-sustainability/sgs-jeanologia-laser-finishing-bluescan-advanced-light-sensitive-fabric-test-345283 (дата обращения: 10.04.2025).
16. Sandvik I. M., Stubbs W. Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling // Journal of Fashion Marketing and Management. 2019. Vol. 23, No 3. P. 366–381.
17. Fung Yi. N., Choi Ts. M., Liu R. Sustainable planning strategies in supply chain systems: Proposal and applications with a real case study in fashion // Production Planning & Control. 2020. Vol. 31, No 2. P. 883–902.
18. Химическая сортировка может быть использована для выделения полиэстера из текстильных отходов // Отходы.ру : офиц. сайт. URL: https://www.waste.ru/modules/news/article.php?storyid=5921 (дата обращения: 8.04.2025).

19. Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л., Кузнецов А. А. Переработка отходов изделий джинсового ассортимента в контексте перехода к рациональным моделям производства и потребления // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2023) : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 9–10 ноября 2023 г. Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2024. С. 40–44.
20. Traceability management systems and capacity building as new approaches for improving sustainability in the fashion multitier supply chain / A. M. Sacaluga, R. Bellas, Ju. E. Pardo, E. Paz // International Journal of Production Economics. 2019. Vol. 217, No 5. P. 143–158.
21. Koszewska M. Circular Economy-Challenges for the Textile and Clothing Industry // Autex Research Journal. 2018. Vol. 18, No 4. P. 337–347.

REFERENCES

1. Sustainable development goals. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals (accessed 22.04.2025).
2. Baranova A. F., Mamedov S. N., Pogodina I. V. Minimizing the amount of waste generated by the textile industry. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2019;5(383):283–287. (In Russ.)
3. Golov R. S, Kostygova L. A, Smirnov V. G. The use of textile waste: an analysis of the state and prospects of development. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2021;5(395):241–250. (In Russ.)
4. Gavrilyuk Ye. Yu., Azanova A. A., Mustafina R. R., Suhova A. A. Polymer-fiber composites based on waste rubberized fabrics. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;6(414):295–299. (In Russ.)
5. Kayumova R. F., Nevolyani Yu. M. Ways to use textile waste using the example of interstitial attacks. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;1:108–113. (In Russ.)
6. Kasheyev O. V., Usik S. P., Vingert A. I. Responsible consumption as a new cultural paradigm of modern society. *Vestnik Slavyanskih kultur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2021;61:127–135. (In Russ.)
7. Nurjasarova M. A., Sarttarova L. T., Dikenova D. B. Principles of implementing lean manufacturing in garment enterprises. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2019;5(383).187–191. (In Russ.)
8. Shushunin D. N., Kruglov A. V., Zyablov V. A, Gruzinseva N. A. The use of lean production tools on the example of the organization of the warehouse of the finishing production of a textile enterprise. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;5(413):20–24. (In Russ.)
9. Gerasimovich E. M. Problems and prospects of recycling textile industry waste. *Aktualnye problemy gumanitarnyh i yestestvennyh nauk* [Current problems of the humanities and natural sciences]. 2016. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-iperspektivy-vtorichnoy-pererabotki-othodovtekstilnoy-promyshlennosti (accessed 24.04.2025). (In Russ.)
10. Bekmurodova O. A. K., Ilyushina S. V., Minyazova A. N. Problems of waste processing in the textile and light industry. *Arhivarius.* [Archivist] 2016;10(2). URL:https://cyberleninka.ru/article/n/problemy pererabotki-othodov-tekstilnoy-i-legkoypromyshlennosti (accessed: 24.04.2025). (In Russ.)
11. Gardetti M. A. Introduction and the concept of circular economy. In: Muthu S. S. ed. Circular Economy in Textiles and Apparel. Cambridge, Woodhead Publishing, 2018. P. 1–11.
12. De Jesus A., Mendonça S. Lost in Transition Drivers and Barriers in the Ecoinnovation Road to the Circular Economy. Ecological Economics. 2018;145:75–89.
13. Irgasheva A. Sh., Chagina L. L., Trynova A. V. Prospects for the introduction of closed-loop systems in the fashion industry. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;3(405):5–14. (In Russ.)

14. Todeschini B. V., Cortimiglia M. N., Callegarode-Menezes D., Ghezzi A. Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. Business Horizons. 2017:759–770.
15. SGS, Jeanologia Partner to make laser finishing more efficien. Sourcing Journal. URL: https:// sourcing-journal.com/denim/denim-sustainability/sgs-jeanologia-laser-finishing-bluescan-advanced-light-sensitive-fabric-test-345283 (accessed 10.04.2025).
16. Sandvik I. M., Stubbs W. Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. Journal of Fashion Marketing and Management. 2019;23(3):366–381.
17. Fung Yi. N., Choi Ts. M., Liu R. Sustainable planning strategies in supply chain systems: Proposal and applications with a real case study in fashion. Production Planning & Control. 2020;31(2):883–902.
18. Chemical sorting can be used to isolate polyester from textile waste. URL: https://www.waste.ru/modules/news/article.php?storyid=5921 (accessed 8.04.2025). (In Russ.)
19. Irgasheva A. Sh., Chagina L. L., Kuznetsov A. A. Recycling of denim product waste in the context of the transition to rational production and consumption models. *Innovations in textiles, clothing, and footwear (ICTAI-2023)* [Innovations in Textiles, Clothing, and footwear (ICTAI-2023)]. Materials of the reports of the international scientific and technical conference, Vitebsk, 09–10 ноября 2023 года. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2024. P. 40–44. (In Russ.)
20. Sacaluga A. M., Bellas R., Pardo Ju. E., Paz E. Traceability management systems and capacity building as new approaches for improving sustainability in the fashion multitier supply chain. International Journal of Production Economics. 2019;217(5):143–158.
21. Koszewska M. Circular Economy-Challenges for the Textile and Clothing Industry. Autex Research Journal. 2018;18(4):337–347.

Статья поступила в редакцию 28.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья
УДК 685.343.2
EDN GQNOCA
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-23-28
Людмила Раймантовна Сницар[1]
Ирина Николаевна Леденева[2]
Петр Алексеевич Севостьянов[3]
Татьяна Алексеевна Самойлова[4]
[1,2,3,4]Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия
[1] snitsar-lr@rguk.ru, https://orcid.org/0009-0002-0053-2691
[2] ledeneva-in@rguk.ru,https://orcid.org/0009-0009-5074-5186
[3] petrsev46@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-9919-5551
[4] tasamo89@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-2727-0011

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕКОРИРОВАНИЯ ВОЙЛОЧНОЙ ОБУВИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПИРОГРАФИЕЙ

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос влияния воздействия лазерной пирографией на образцы войлока с целью декорирования верха обуви. Представлены результаты математического моделирования процесса лазерного декорирования деталей верха обуви из войлока. Особое внимание в статье уделено оценке коэффициентов регрессионной модели, для нахождения которых использовали метод наименьших квадратов. Описываются характерные особенности проверки значимости оценок коэффициентов, выполненной по стандартной методике линейного многофакторного регрессионного анализа. Адекватность модели проверили по квадрату коэффициента детерминации. Проведенные исследования и расчеты доказали, что в войлочной обуви следует использовать контурное выжигание, так как для ее декорирования будет применен сложный рисунок, который создается с использованием специального программного обеспечения.*
Ключевые слова: *войлок, лазерная поверхностная пирография, регрессионная модель, коэффициент детерминации, функции отклика, контурное выжигание, методика многофакторного регрессионного анализа*

Для цитирования. Математическое моделирование процесса декорирования войлочной обуви поверхностной пирографией / Л. Р. Сницар, И. Н. Леденева, П. А. Севостьянов, Т. А. Самойлова // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 23–28. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-23-28.

Original article
Lyudmila R. Snitsar[1]
Irina N. Ledeneva[2]
Petr A. Sevostyanov[3]
Tatiana A. Samoilova[4]
[1,2,3,4] Kosygin State University of Russia (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

MATHEMATICAL MODELLING OF THE PROCESS OF DECORATION OF FELT SHOES BY SURFACE PYROGRAPHY

Abstract. *The article considers the issue of the effect of laser pyrography on felt samples for the purpose of decorating the upper of shoes. The results of mathematical modelling of the process of laser decoration of upper parts of felt shoes are presented. Particular attention is paid to the assessment of the coefficients of the*

© Сницар Л. Р., Леденева И. Н., Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., 2025

regression model for finding which, the least squares method was used. The characteristic features of checking the significance of coefficient estimates, performed according to the standard method of linear multivariate regression analysis, are described. The adequacy of the model was checked by the square of the determination coefficient. The conducted research and calculations proved that contour burning should be used in felt shoes, since a complex pattern will be used for its decoration, which is created using special software.
Keywords: *felt, laser surface pyrography, regression model, determination coefficient, response functions, contour burning, multivariate regression analysis technique*

For citation: Snitsar L. R., Ledeneva I. N., Sevostyanov P. A., Samoilova T. A. Mathematical modelling of the felt shoe decoration process by surface pyrography. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 23–28. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-23-28.

Эстетические показатели занимают особое место при оценке качества обуви. Эстетические свойства особенно актуальны для молодежного ассортимента, так как помогают в популяризации потребления предметов с определенными, заданными параметрами. Вопросами декорирования изделий и применения методов математического моделирования занимаются не только российские, но и зарубежные ученые, в работах которых уделяется особое внимание эстетическим свойствам изделий и методам их оценки [1–4].

Бесконтактная лазерная пирография относится к группе физико-механических способов декорирования обуви, в том числе из валяльно-войлочных материалов. Для оценки физико-механических свойств войлока для верха обуви, декорированного поверхностной пирографией, в работе применили разрывную машину Инстрон 4411. Для оценки коэффициентов регрессионной модели использовали метод наименьших квадратов. Проверку значимости оценок коэффициентов выполнили по стандартной методике линейного многофакторного регрессионного анализа. Адекватность модели проверили по квадрату коэффициента детерминации [5].

Перед началом испытаний вырубали образцы обувного войлока размером 200×50 мм. Размеры образца соответствуют стандартной методике испытания нетканых анизотропных материалов. Учитывая хаотическую анизотропную структуру исследуемого войлока, для получения достоверных результатов выполняли измерение в 10 повторностях с последующим нахождением среднего значения. При этом направление вырубания образцов – вдоль рулона войлока. Для обработки образцов лазерной пирографией применили лазерно-гравировальное оборудование серии (C) Laser Line (B-1306 (C-120)). Подготовку образцов для исследования выполняли, используя следующие технологические режимы бесконтактной пирографии: луч лазера – сфокусированный; метод нанесения – векторный; установленная мощность лазера 40 Вт; скорость резки 15 мм/с; шаг резки 0,005 м. Для обработки пирографией отметили рабочую зону образца, которая составила 100×40 мм. Обработку выполняли из расчета заполнения поверхностной пирографией 25, 50 и 75 % от площади рабочей зоны образца [6–9].

Результаты исследования физико-механических свойств войлока для верха обуви толщиной от 2,5 до 6,0 мм представлены в работе [7].

Полученные в работе [7] данные являются результатами эксперимента по изучению пяти физико-механических свойств обувного войлока. Применение метода математического моделирования [10–15] приведено на примере одного из показателей физико-механических свойств материала – предела прочности при растяжении δ, МПа.

Варьируемыми факторами выбрали толщину h и площадь обработки образца S. Первый фактор варьировался на трех уровнях, второй фактор варьировался на четырех уровнях. В качестве плана варьирования использован план полного факторного эксперимента. Повторные опыты для каждой комбинации уровней факторов не проводились. В эксперименте в качестве функций отклика одновременно измеряли значения пяти показателей. После завершения эксперимента построены регрессионные модели для каждой из функций отклика в виде

$$Y(X_1, X_2) = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + \\ + C_3 X_1 X_2 + C_4 X_1^2 + C_5 X_2^2.$$

Модель записана и построена в кодированных переменных. Кодирование выполнено по стандартной методике:

$$X_1 = \frac{h - \dfrac{\min(h) + \max(h)}{2}}{\dfrac{\min(h) - \max(h)}{2}};$$

$$X_2 = \frac{S - \frac{\min(S) + \max(S)}{2}}{\frac{\min(S) - \max(S)}{2}}.$$

Уровни факторов в размерных и кодированных переменных для всех 12 опытов эксперимента приведены в таблице 1.

Количество опытов позволяет не только оценить 6 коэффициентов регрессии, но и проверить качество модели по коэффициенту детерминации и оценить значимость найденных коэффициентов.

Поверхностная пирография характеризуется воздействием лазерного луча на материал на 1/3 его толщины. В таблице 2 приведены точечные и интервальные оценки коэффициентов регрессии при доверительной вероятности 0,95 для предела прочности при растяжении образцов войлока (δ, МПа).

Таблица 1

Матрица кодированных факторов

№ опыта	h	X_1	S	X_2
1	2,5000	–1,0000	0	–1,0000
2	2,5000	–1,0000	25	–0,3333
3	2,5000	–1,0000	50	0,3333
4	2,5000	–1,0000	75	1,0000
5	5,0000	0,4286	0	–1,0000
6	5,0000	0,4286	25	–0,3333
7	5,0000	0,4286	50	0,3333
8	5,0000	0,4286	75	1,0000
9	6,0000	1,0000	0	–1,0000
10	6,0000	1,0000	25	–0,3333
11	6,0000	1,0000	50	0,3333
12	6,0000	1,0000	75	1,0000

Таблица 2

Точечные и интервальные оценки функции отклика

Коэффициент	Точечная оценка	Интервальная оценка
C_0	4,6879	4,1874; 5,1884
C_1	0,6300	0,3906; 0,8694
C_2	–1,4311	–1,6971; –1,1650
C_3*	0,2001	–0,1117; 0,5119
C_4*	0,0398	–0,4835; 0,5632
C_5	–0,6619	–1,1018; –0,2220

Незначимые коэффициенты отмечены в таблице звездочкой *.

Таким образом, после исключения эффектов с незначимыми коэффициентами модель зависимости δ, МПа от факторов в кодированных переменных имеет вид:

$$Y(X_1, X_2) = 4{,}69 + 0{,}63\,X_1 - 1{,}43\,X_2 - 66\,X_2^2. \quad (1)$$

На рисунке 1 показаны экспериментальные значения переменной delta = δ, МПа и поверхность регрессионной модели в кодированных значениях факторов (видны 10 из 12 точек). На рисунке 2 показаны линии уровня этой поверхности в плоскости. Регрессионная модель показывает, что отклик δ линейно и прямо пропорционально зависит от фактора h и квадратично – от фактора S, причем с ростом его значений отклик убывает. Эффект взаимодействия факторов оказался незначимым, что говорит о независимом друг от друга влиянии факторов на отклик.

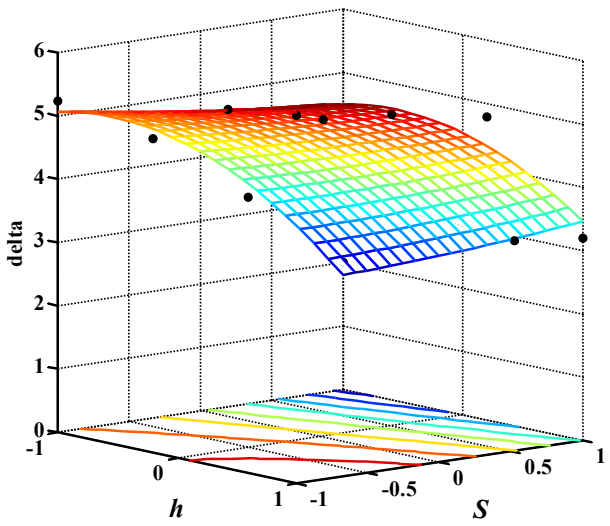


Рис. 1. Поверхность модельной функции отклика от кодированных уровней факторов

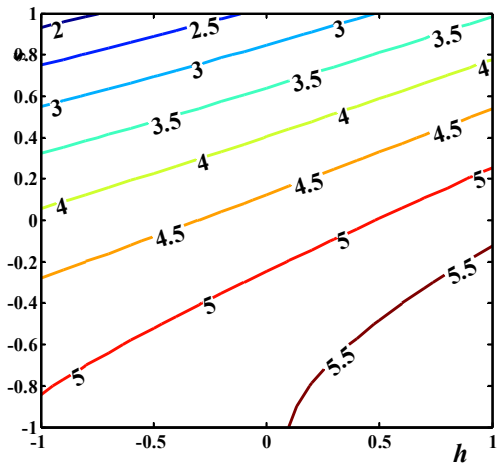


Рис. 2. Линии уровня модельной функции отклика от кодированных уровней факторов

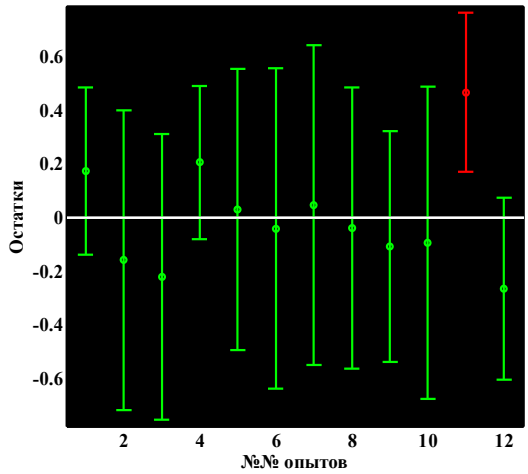


Рис. 3. Интервальные оценки остатков

О качестве регрессионной модели говорят интервальные оценки остатков, показанные на рисунке 3. Как видно, все они, кроме одного, являются незначимыми.

В таблице 3 приведены наблюдавшиеся и модельные значения отклика, которые говорят об адекватности модели.

Квадрат коэффициента конкордации

$$Q = 1 - \left(\frac{\dfrac{\sum_{j=1}^{12} r_j^2}{(12-6)}}{\dfrac{\sum_{j=1}^{12} \delta_j^2}{(12-1)}} \right) = 0{,}9535,$$

что также говорит о хорошем качестве прогнозной способности модели.

Проведенные исследования и расчеты доказали, что в войлочной обуви следует использовать контурное выжигание, так как для ее декорирования будет применен сложный рисунок, который создается с использованием специального программного обеспечения. Элементы главного рисунка должны компоноваться между собой так, чтобы композиция в целом выглядела гармонично и сочеталась с основной идеей самого рисунка [6, 8, 9].

ВЫВОД

Примененный метод однофакторного регрессионного анализа и построенные многофакторные регрессионные модели 2-го порядка позволят целесообразно подойти к процессу прогнозирования свойств обуви с верхом из войлока с рисунком, нанесенным методом лазерной пирографии.

Таблица 3

Наблюдавшиеся и модельные значения отклика

№ опыта	Экспериментальные значения	Модель	Остатки	95%-й интервал для остатков
1	5,2400	5,0670	0,1730	–0,1371; 0,4830
2	4,4100	4,5679	–0,1579	–0,7155; 0,3997
3	3,2600	3,4804	–0,2204	–0,7521; 0,3112
4	2,0100	1,8046	0,2054	–0,0800; 0,4908
5	5,6800	5,6487	0,0313	–0,4918; 0,5545
6	5,3000	5,3401	–0,0401	–0,6357; 0,5555
7	4,4900	4,4432	0,0468	–0,5483; 0,6418
8	2,9200	2,9580	–0,0380	–0,5606; 0,4846
9	5,8200	5,9268	–0,1068	–0,5369; 0,3233
10	5,6000	5,6945	–0,0945	–0,6755; 0,4865
11	5,3400	4,8738	0,4662	0,1695; 0,7628
12	3,2000	3,4649	–0,2649	–0,6034; 0,0737

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dobson J. Aesthetic Style as a Postructural Business Ethic // Journal of Business Ethics. 2010. Vol. 93, No 3. P. 393–400.
2. Whiting D. Aesthetic Reasons and the Demands They (Do Not) Make // The Philosophical Quarterly. 2021. Vol. 71, Is. 2. P. 407–427.

3. Influence of Upper Footwear Material Properties on Foot Skin Temperature, Humidity and Perceived Comfort of Older Individuals / Pui-Ling Li, Kit-Lun Yick, Joanne Yip, Sun-Pui Ng // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. No. 19(17). P. 10861.
4. Lafortune M. A., Hennig E. M. Cushioning properties of footwear during walking: accelerometer and force platform measurements // Clinical Biomechanics. 1992. Vol. 7, Is. 3. P. 181–184.
5. Леденева И. Н., Сницар Л. Р. Бесконтактная пирография – как способ улучшения эстетических свойств обуви с верхом из войлока. Дизайн и технологии. 2020. № 75(117). С 19–24.
6. Математическое моделирование процесса бесконтактной поверхностной пирографии на обувных нетканых материалах / И. Н. Леденева, П. А. Севостьянов, Л. Р. Сницар, В. С. Белгородский // Вестник технологического университета. 2023. Т. 26, № 10. С. 136–142.
7. Сницар Л. Р., Леденева И. Н. Влияние пирографии на деформационно-прочностные свойства заготовок верха из обувного войлока // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2020) : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. С. 123–125.
8. Сницар Л. Р., Леденева И. Н. Выбор технологических режимов декорирования деталей обуви из войлока пирографией // Дизайн и технологии. 2024. № 102(144). С. 21–27.
9. Леденева И. Н., Авдонина М. А. О применении цифровых технологий для повышения эстетических характеристик войлочной обуви // Современные инновационные технологии в легкой промышленности: проблемы и решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Бухара : БИТИ, 2021. С. 36–42.
10. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина : СовъяжБево, 2007. 646 с.
11. Севостьянов П. А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов. М. : Тисо Принт, 2013. 253 с.
12. Севостьянов П. А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. М. : Информ-Знание, 2006. 447 с.
13. Севостьянов П. А., Ордов К. В. Основы анализа и моделирования данных в технике и экономике. М. : Тисо Принт, 2015. 409 с.
14. Севостьянов П. А., Игонина М. А. Разработка автоматизированной системы моделирования трикотажных полотен из новых видов пряжи : труды 4-й Междунар. науч.-техн. конф. «Компьютерное моделирование – 2003». СПб. : СПбГПУ, 2003. С. 285.
15. Севостьянов П. А., Серякова Т. В. Компьютерное моделирование методом конечных элементов взаимодействия нетканого материала с иглами в процессе иглопрокалывания // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 4(309). С. 107–109.

REFERENCES

1. Dobson J. Aesthetic Style as a Postructural Business Ethic. Journal of Business Ethics. 2010;93(3):393–400.
2. Whiting D. Aesthetic Reasons and the Demands They (Do Not) Make. The Philosophical Quarterly, 2021;71(2):407–427.
3. Pui-Ling Li, Kit-LunYick, Joanne Yip, Sun-Pui Ng. Influence of Upper Footwear Material Properties on Foot Skin Temperature, Humidity and Perceived Comfort of Older Individuals. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(17):10861.
4. Lafortune M. A., Hennig E. M. Cushioning properties of footwear during walking: accelerometer and force platform measurements. Clinical Biomechanics. 1992;7(3):181–184.
5. Ledeneva I. N., Snitsar L. R. Non contact pyrography – as a way to improve the aesthetic properties of shoes with felt top. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2020;75(117):19–24. (In Russ.)
6. Ledeneva I. N., Sevostyanov P. A., Snitsar L. R., Belgorodsky V. S. Mathematical modeling of the process of contactless surface pyrography on shoe non-woven materials. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin Technological University]. 2023;26(10):136–142. (In Russ.)
7. Snitsar L. R., Ledeneva I. N. Influence of pyrography on the deformation and strength properties of upper blanks made of shoe felt. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2020)* [Design, technology and innovations in the textile and light industry (Innovations-2020)]. Int. scientific-technical. conf. Moscow, Rus. St. Technol. Univ. im. Publ. 2020. Part 1. P. 123–125. (In Russ.)
8. Snitsar L. R., Ledeneva I. N. Option of the technological modes for decorating felt footwear parts with pyrography. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2024;102(144):21–27. (In Russ.)

9. Ledeneva I. N., Avdonina M. A. On the use of digital technologies to improve the aesthetic characteristics of felt shoes. *Sovremennye innovacionnye tekhnologii v legkoj promyshlennosti: problemy i resheniya* [Modern innovative technologies in light industry: problems and solutions]. Materials Int. scientific-practical conf. Part 1. Bukhara, BITI Publ., 2021. P. 36–42. (In Russ.)
10. Sevostyanov A. G. Methods and means for studying mechanical and technological processes in the textile industry. Moscow, Moscow St. Technol. Univ. im. A. N. Kosygina Publ., Sovyazh Bevo Publ., 2007. 646 p. (In Russ.)
11. Sevostyanov P. A. Computer models in the mechanics of fibrous materials. Moscow, Tiso Print Publ., 2013. 253 p. (In Russ.)
12. Sevostyanov P. A. Computer modeling of technological systems and spinning products. Moscow, Inform-Znanie Publ., 2006. 447 p. (In Russ.)
13. Sevostyanov P. A., Ordov K. V. Fundamentals of data analysis and modeling in engineering and economics. Moscow, Tiso Print Publ., 2015. 409 p. (In Russ.)
14. Sevostyanov P. A., Igonina M. A. Development of an automated system for modeling knitted fabrics from new types of yarn. *Komp'yuternoe modelirovanie* – 2003 [Computer Modeling-2003], Proceedings of the 4th international scientific and technical. conf. Saint Petersburg, Saint Petersburg St. Polytech. Univ. Publ. 2003. P. 285. (In Russ.)
15. Sevostyanov P. A., Seryakova T. V. Computer modeling by the finite element method of interaction of nonwoven material with needles during needle-puncture. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2008;4(309):107–109. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 14.03.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 621.792.6
EDN BUYDGZ
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-29-35
Ксения Юрьевна Стрункина[1]
Павел Николаевич Рудовский[2]
[1]Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени маршала Советского Союза С. К. Тимошенко, г. Кострома, Россия
[2] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1] strunkina.ksyu@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-7366-7891
[2] pavel_rudovsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8675-2910

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА НАПРАВЛЕНИЙ УКЛАДКИ ТЕКСТИЛЬНОГО АРМИРУЮЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛИ

Аннотация. *Разработан алгоритм и программная реализация расчета направлений армирования с учетом напряженного состояния детали. Исходными данными для расчета являются полученные на основе конечно-элементного моделирования значения напряжений в детали. Направления укладки наполнителя в узлах конечно-элементной сетки совпадают с направлениями главных напряжений. В результате формируется два семейства кривых, совпадающих с направлениями максимальных и минимальных главных напряжений. Одно семейство предназначено для укладки нити в четных, а другое в нечетных слоях наполнителя. Приведены результаты применения предлагаемого алгоритма на примере модели, испытывающей сложное напряженное состояние.*
Ключевые слова: *композиционные материалы, армирующий наполнитель, армирование текстильными нитями, главные напряжения, конечно-элементное моделирование, кривые укладки, конечно-элементная сетка*

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-29-20162).

Для цитирования. 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. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-29-35.

Original article
Ksenia Yu. Strunkina[1]
Pavel N. Rudovsky[2]
[1] Military Academy of Radiation, Chemical and Biological Defence named after Marshal of the Soviet Union S. K. Timoshenko, Kostroma, Russia
[2] Kostroma State University, Kostroma, Russia

ALGORITHM FOR CALCULATING THE DIRECTIONS OF LAYING TEXTILE REINFORCING FILLER TAKING INTO ACCOUNT THE STRESS STATE OF THE PART

Abstract. *An algorithm and software implementation for calculating reinforcement directions taking into account the stress state of the part have been developed. The initial data for the calculation are the stress values in the part obtained on the basis of finite element modelling. The directions of filling material placement in the nodes of the finite element mesh coincide with the directions of the principal stresses. As a result, two families of curves are formed that coincide with the directions of the maximum and minimum principal stresses. One family is intended for laying the thread in even, and the other in odd layers of the filler. The results of applying the proposed algorithm are given on the example of a model experiencing a complex stress state.*
Keywords: *composite materials, reinforcing filler, textile thread reinforcement, principal stresses, finite element modelling, stacking curves, finite element mesh*

© Стрункина К. Ю., Рудовский П. Н., 2025

Acknowledgements: the research was carried out with the financial support of the grant from the Russian Science Foundation (project No. 24-29-20162).

For citation: 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. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 29–35. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-29-35.

Композиционные материалы обладают ярко выраженной анизотропией механических свойств. В исследовании [1] показано, что механические свойства таких материалов существенно зависят от соотношения направления нагружения и направления армирования. В случае сложного напряженного состояния деталей главные площадки в разных точках детали не совпадают друг с другом. Поэтому создать композиционный материал с использованием армирующего наполнителя, получаемого по ткацкой технологии, можно только для некоторого ограниченного класса деталей и способов нагружения [2, 3]. Причем композиционные материалы, армированные тканями, обладают низкой устойчивостью к нагрузкам, сдвигающим слои. Для повышения устойчивости композиционных материалов к таким нагрузкам используют 3D-ткани [4, 5]. Однако при этом учесть особенности нагружения каждой детали не удается.

Полностью учесть распределение напряжений при выборе направлений армирования можно, используя технологию программируемой раскладки с помощью специального 3D-принтера [6]. Задача выбора оптимального направления армирования при отсутствии компоновочных требований к форме детали преобразуется в задачу топологической оптимизации [7]. В результате ее решения конструкция детали преобразуется в стержневую, и укладка армирующего наполнителя производится вдоль стержней.

В случае сохранения заданной формы деталей необходимо рассчитать траектории укладки армирующего наполнителя таким образом, чтобы направление нитей в каждой точки совпадало с направлением главных напряжений [8, 9].

Рассмотрим алгоритм автоматизированного расчета кривых укладки нитей армирующего наполнителя на примере детали, находящейся в плоском напряженном состоянии. Исходными данными для проектирования являются геометрическая модель детали, ее закрепление, приложенные нагрузки (рис. 1) и физические характеристики материала матрицы.

Деталь, показанная на рисунке 1, жестко закреплена по дуге *abc*, а по дуге *def* к ней приложено равномерно распределенное давление.

Расчет напряженного состояние проведем в среде ANSYS Workbench. Деталь имеет ось симметрии, поэтому расчет напряженного состояния ведется для половины детали. На рисунке 2 показана конечно-элементная сетка и картина напряжений на деформированной форме детали.

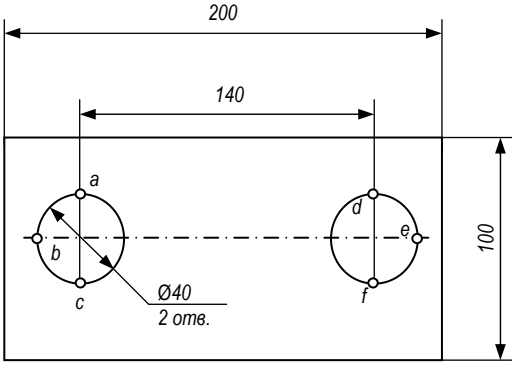


Рис. 1. Форма и нагружение детали

Численные результаты расчета выводятся в файл формата .xls, содержащий данные о напряженно-деформированном состоянии в виде таблицы (см. табл.).

В столбцах таблицы приведены следующие данные: номер узла конечно-элементной сетки; координаты x, y узла; компоненты нормальных напряжений σ_x, σ_y, а также касательные напряжения τ_{xy}.

Целью настоящей работы является расчет траекторий укладки армирующего наполнителя, направление которых в каждом узле совпадает с направлением главных напряжений.

Расчет главных напряжений и построение кривых укладки на основе полученных данных выполняются согласно предлагаемому алгоритму. Опишем его работу в виде совокупности пяти этапов.

1. *Формирование списков на основе данных из полученного файла.* Весь объем данных разбивается в несколько списков, содержащих отдельно абсциссы (x_koord) и ординаты (y_koord) каждой точки, а также двумерный массив (table), компонентами которого выступали массивы, содержащие информацию о каждой узловой точке в отдельности. Последний массив состоит из множества одномерных списков (их количество равно количеству узловых точек рассматриваемой модели), компонентами которых являются: номер узловой точки; ее координаты x, y; компоненты нормальных напряжений σ_x, σ_y, а также касательные напряжения τ_{xyz}.

Отметим, что реализация данного шага необходима для удобства проведения дальнейших расчетов и построения узловых точек по их координатам.

2. *Расчет направлений главных напряжений в каждой узловой точке.* Для расчета углов α_1 и α_3, характеризующих направления главных напряжений [9], используются следующие формулы:

$$\alpha_1 = 0{,}5\mathrm{arctg}\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}; \quad (1)$$

$$\alpha_3 = \frac{\pi}{2} + \alpha_1, \quad (2)$$

где α_1 и α_3 – углы между направлениями наибольшего и наименьшего главного напряжения и положительным направлением оси абсцисс.

В последующем полученные значения записываются в списки alf1 и alf3 соответственно. При этом порядок следования элементов в полученных списках соответствует порядку, в котором следуют координаты узлов в списках, полученных в п. 1.

3. *Определение «граничных» точек.* В этом пункте алгоритма производится классификация всех узловых точек конечно-элементной сетки на точки, расположенные внутри контура детали, и точки, расположенные на самом контуре, так называемые граничные точки. Точки, находящиеся на контуре детали, записываем в список koord_krai.

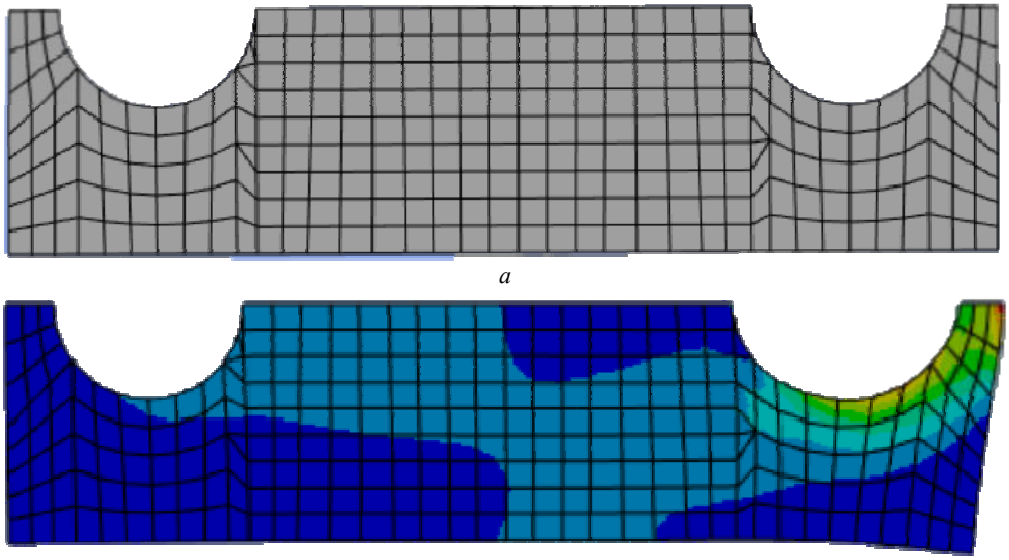
4. *Построение всех узловых точек, особо выделяя «граничные».* Этот пункт реализуется для иллюстрации работы алгоритма, позволяющей оценить его работоспособность.

Координаты узловых точек получаем из соответствующих списков (x_koord, y_koord), координаты граничных точек – из списка, полученного на предыдущем шаге (koord_krai). Все «внутренние» точки модели окрашиваем черным цветом, а точки, находящиеся на контуре, для наглядности выделяем красным. Результаты работы алгоритма на данном этапе показаны на рисунке 3.

5. *Построение кривых вдоль направлений главных напряжений.* Построение каждой кривой начинаем из граничной точки (см. п. 3). При этом формируем два слоя кривых, проходящих через узловые точки под углом α_1 и под углом α_3 к положительному направлению оси абсцисс.

Для формирования каждого слоя выполняем следующую последовательность действий.

Шаг 1. Из списка граничных точек выбираем точку с координатами (x_0; y_0), определяем для нее компоненту главного напряжения α_1 или α_3, в зависимости от того вдоль максимального или минимального главного напряжения выполняется построение текущего слоя.



а

б

Рис. 2. Конечно-элементная сетка (*а*) и распределение напряжений в детали (*б*)

Таблица

Результаты расчета напряженно-деформированного состояния детали

Node Number	X Location (m)	Y Location (m)	SX (Pa)	SY (Pa)	SXY (Pa)
1	6,99E-02	–2,00E-02	2,29E+06	–4,89E+05	–1,52E+05
2	6,99E-02	2,00E-02	2,28E+06	–4,42E+05	1,80E+05
3	7,47E-02	–1,94E-02	1,96E+06	–9,06E+05	7,74E+05
…	…	…	…	…	…

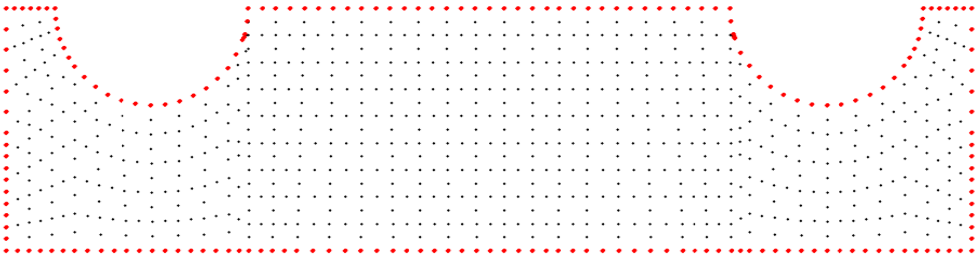


Рис. 3. Результат выделения «граничных» точек

Шаг 2. Вычисляем координаты точки, в которую необходимо провести отрезок из точки (x_0; y_0). Искомая точка расположена от исходной на расстоянии Δ под углом α, соответствующим направлению компоненты главного напряжения в точке (x_0; y_0) (рис. 4).

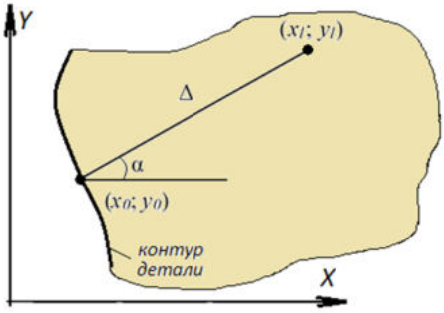


Рис. 4. К расчету координат точек, принадлежащих кривым укладки армирующего наполнителя

Величина Δ выбирается в соответствии с размером элемента конечно-элементной сетки.

Из рисунка 4 видно, что координаты искомой точки (x_1; y_1) можно определить по следующим формулам:

$$x_1 = x_0 + \Delta \cdot \cos\alpha; \quad (3)$$

$$y_1 = y_0 + \Delta \cdot \sin\alpha. \quad (4)$$

Шаг 3. Проверяем координаты точки, полученной на шаге 2, на «граничность». Если точка является «граничной», то это означает, что линия укладки проведена от одной точки на контуре до другой и можно переходить к построению следующей линии. Переходим к шагу 1; если же для точки условия «граничности» не выполняются, переходим к шагу 4.

Шаг 4. Определяем следующую точку, в которую необходимо провести отрезок длины Δ. Из полученной на предыдущем шаге точки (x_1; y_1) проводим окрестность радиусом Δ и определяем узловые точки, попавшие в рассматриваемую окрестность, – их координаты (x_2; y_2) должны удовлетворять неравенству:

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \le \Delta^2. \quad (5)$$

Суммируем направления главных напряжений отобранных точек и делим полученное число на количество точек, попавших в рассматриваемую окрестность. Таким образом получаем среднее направление главных напряжений внутри рассматриваемой окрестности.

Отметим, что могут найтись точки, для которых окрестность будет пустой. В таком случае программа будет выдавать ошибку деления на ноль. Чтобы избежать упомянутой ошибки, в случае отсутствия точек в окрестности точки (x_1; y_1) вычисление координат новой точки будем производить, используя последнее рассчитанное среднее направление главных напряжений предыдущей точки.

Координаты искомой точки будут находиться по формулам (3), (4), приведенным на шаге 2.

Шаг 5. Проверяем координаты точки, полученной на шаге 3, на «граничность». Если полученная точка является граничной, то переходим к шагу 1, иначе – к шагу 4.

Таким образом предложенный алгоритм обработает все объекты списка граничных точек и построит слой кривых вдоль направлений главных напряжений. Блок-схема предложенного алгоритма приведена на рисунке 5.

Разработанный алгоритм реализован в виде программы на языке программирования Python. В процессе отладки программы проводились расчеты тестовых задач. По результатам расчета были получены кривые, показанные на рисунке 6.

На рисунке 6, *а* кривые проходят через узлы конечно-элементной сетки под углом α_1. Такая укладка обеспечивается в нечетных слоях армирующего наполнителя. На рисунке 6, *б* кривые проходят через узлы конечно-элементной сетки под углом α_3. Такая укладка обеспечивается в четных слоях армирующего наполнителя.

На приведенных изображениях наблюдается сгущение кривых на тех участках моделей, которые подвержены наибольшему напряжению.

ВЫВОДЫ

1. Анализ расположения нитей армирующего наполнителя в композиционном материале показал, что структура армирующего на-

полнителя должна назначаться в зависимости от формы детали и ее напряженного состояния.

2. Предложен алгоритм расчета кривых укладки армирующего наполнителя с учетом распределения главных напряжений в детали.

3. Разработана прикладная программа на языке Python, позволяющая рассчитывать кривые укладки армирующего наполнителя в четных и нечетных слоях.

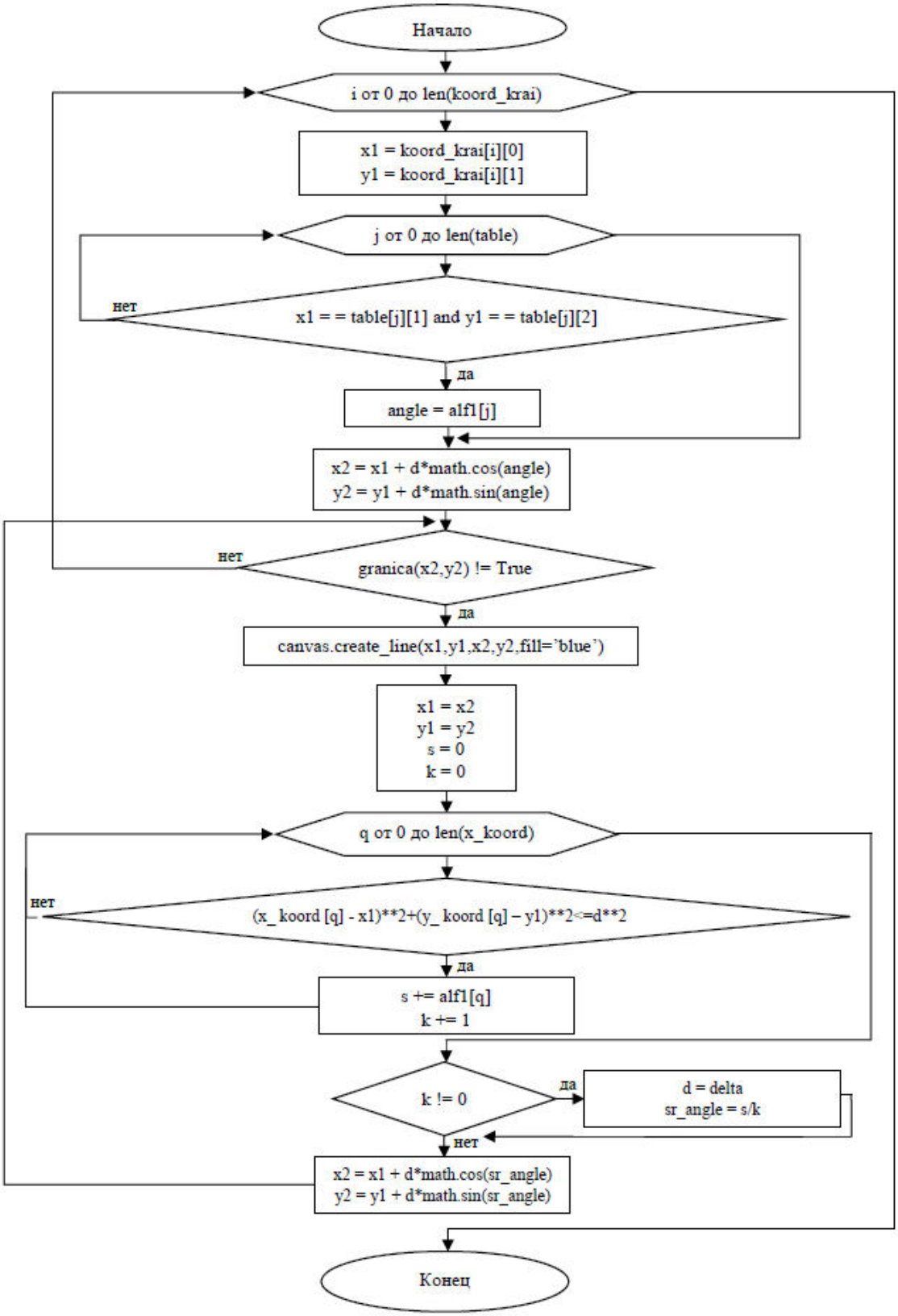


Рис. 5. Блок-схема алгоритма построения кривых укладки армирующего наполнителя по направлениям главных напряжений

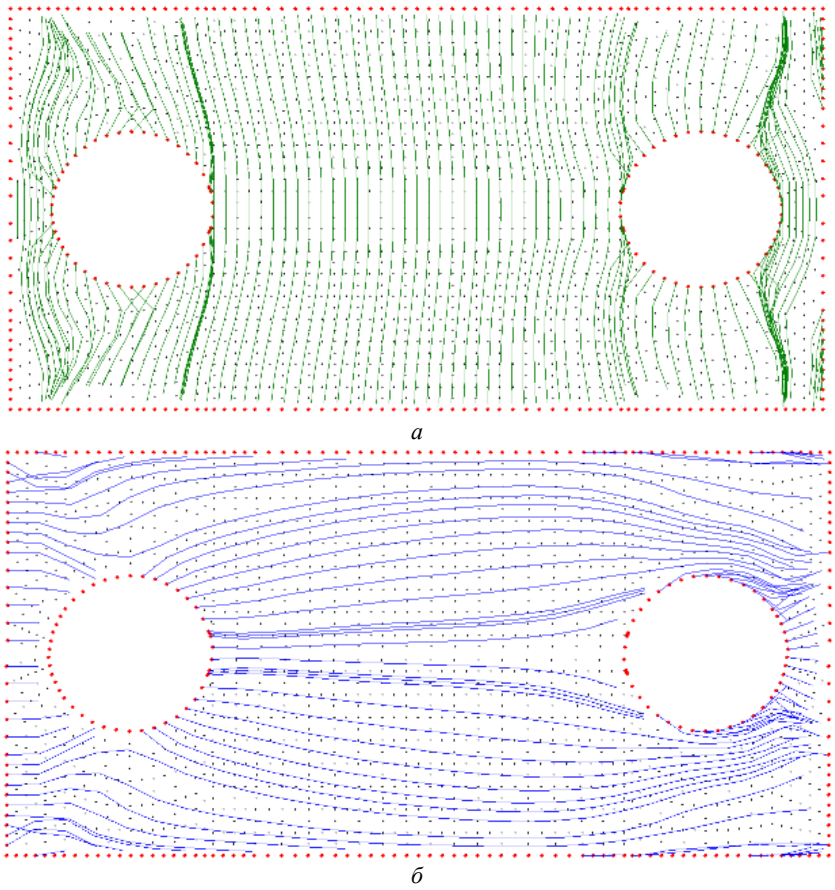


Рис. 6. Кривые укладки армирующего наполнителя по направлениям наибольших (а) и наименьших (б) главных напряжений

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Azarov A. V., Latysheva T. A., Khaziev1 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.
7. 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-osnovannyy-na-analize-glavnyh-napryazheniy/viewer (дата обращения: 26.04.2025).

8. 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”) : сборник науч. тр. Междунар. науч.-техн. симпозиума, посвященного 120-летию со дня рождения П. Г. Романкова. М., 2024. С. 312–316.
9. 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, 2024. С. 56–60.
10. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов. 15 изд., испр. М. : Изд-во МГТУ им. М. Э. Баумана, 2010. 500 с.

REFERENCES

1. 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.)
2. 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.
3. Rudovskiy P. N., Grechukhin A. P., Palochkin S. V. Rational reinforcement of parts made of composite materials with fabrics with variable weft density. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2015;2(35):21–23. (In Russ.)
4. 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 Teknologiya Tekstil’noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;5(377):111–115. (In Russ.)
5. Ushakov S. N., Grechukhin A. P., Rudovsky P. N., Palochkin S. V. Influence of the value of displacement of the layer of the horizontal duck on the density of the orientation of vertical layers of threads during formation of 3d-orthhogonal tissues. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil’noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;6(378):96–100. (In Russ.)
6. Azarov A. V., Latysheva T. A., Khaziev1 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. P. 012062.
7. Kosykh P. A., Azarov A. V. Topology optimization algorithm in composite structures based on analyzing the principal stresses. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii* [Engineering Journal: Science and Innovation]. 2023;12(144): 1–18. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-topologicheskoy-optimizatsii-kompozitnyh-konstruktsiy-osnovannyy-na-analize-glavnyh-napryazheniy/viewer (accessed 26.04.2025) (In Russ.)
8. 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.)
9. 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, 2024. P. 56–60. (In Russ.)
10. Feodosyev V. I. Strength of materials: textbook. for universities. 15th ed. corrected. Moscow, Bauman Moscow St. Tech. Univ. Publ., 2010. 500 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 2.05.2025
Принята к публикации 20.05.2025

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья
УДК 004.94
EDN CBYFGH
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-36-42
Александр Павлович Гречухин[1]
Андрей Владимирович Куликов[2]
Владислав Алексеевич Брезгин[3]
Павел Николаевич Рудовский[4]
Анна Сергеевна Разина [5]
[1,2,3,4] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1,2,5] АО «Композит», г. Королёв, Россия
[1] niskstu@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-7732-3583
[2] kulikov58@yandex.ru, https://orcid/org/0000-0002-4472-767X
[3] brezgin.vl@yandex.ru, https://orcid/org/0009-0001-4598-9516
[4] pavel_rudovsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8675-2910
[5] 02421@kompozit-mv.ru, https://orcid/org/0000-0003-1205-4121

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО НАГРУЖЕНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности моделирования высокоскоростного нагружения текстильных материалов с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Проведено сравнение нескольких ортотропных моделей материала в среде LS-DYNA на примере расчета сдвига восьмиузлового элемента с одной точкой интегрирования. Полученные результаты демонстрируют существенные различия (до 10 раз) в значениях напряжений в плоскости сдвига и до 10 % – во внутренней энергии элемента. Выявлено, что при выборе модели материала важен детальный анализ исходных параметров, контроль энергетического баланса и учет эффекта hourglass. Сделан вывод о необходимости корректной настройки ортотропных моделей и тщательного контроля сетки конечных элементов при моделировании высокоскоростных нагружений для повышения точности и достоверности результатов.*
Ключевые слова: *метод конечных элементов, высокоскоростное нагружение, текстильные материалы, ортотропные материалы, LS-DYNA, внутренняя энергия, hourglass-эффект, сдвиг*

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

Для цитирования. Исследование моделей материалов при моделировании высокоскоростного нагружения методом конечных элементов / А. П. Гречухин, А. В. Куликов, В. А. Брезгин, П. Н. Рудовский, А. С. Разина // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 36–42. https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-36-42.

Original article
Alexander P. Grechukhin[1]
Andrei V. Kulikov[2]
Vladislav A. Brezgin[3]
Pavel N. Rudovsky[4]
Anna S. Razina[5]
[1,2,3,4,5] Kostroma State University, Kostroma, Russia
[1,2,5] JSC “Kompozit”, Korolyov, Moscow Region, Russia

© Гречухин А. П., Куликов А. В., Брезгин В. А., Рудовский П. Н., Разина А. С., 2025

RESEARCH ON MATERIAL MODELS IN FINITE ELEMENT ANALYSIS OF HIGH-SPEED LOADING

Abstract. *This article discusses the modeling features of high-speed loading of textile materials using the finite element method (FEM). Several orthotropic material models in LS-DYNA were analysed using an eight-node element with a single integration point under shear conditions. The results revealed significant (up to tenfold) differences in shear-plane stresses and up to 10 % deviation in the element's internal energy. The importance of proper parameter selection, energy balance monitoring, and accounting for the hourglass effect is emphasised for reliable simulation. The study concludes that accurate orthotropic model settings and careful control of the finite element mesh are essential in high-speed loading scenarios.*
Keywords: *finite element method, high-speed loading, textile materials, orthotropic materials, LS-DYNA, internal energy, hourglass effect, shift*

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: Grechukhin A. P., Kulikov A. V., Brezgin V. A., Rudovsky P. N., Razina A. S. Research on material models in finite element analysis of high-speed loading. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 36–42. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-36-42.

Метод конечных элементов получил широкое распространение при моделировании высокоскоростного нагружения текстильных материалов [1–9].

В исследовании [6] проводится анализ высокоскоростного нагружения комбинированных 3D-тканей, где сравниваются экспериментальные данные и результаты моделирования методом конечных элементов. Однако авторы используют грубую сетку конечных элементов, не предоставляют данных по энергетическому балансу и не контролируют эффект hourglass.

Авторы [7] изучают поведение 3D ортогональных тканей под высокоскоростным ударом, с акцентом на поглощение энергии пули. Моделирование выполнено на уровне нитей, но методы моделирования подробно не описаны, а представлены лишь визуализации взаимодействия ткани и пули.

В работе [8] исследуют композитный материал на основе 3D ортогональной структуры при высокоскоростном нагружении. В работе применяется сгущение сетки конечных элементов, но, как и в предыдущих исследованиях, отсутствует анализ энергетического баланса. Авторы ограничиваются использованием одного элемента в сечении нити.

Аналогичный подход, с использованием 1–2 элементов в сечении нити применяется в исследовании [9], где проводится численное моделирование повреждений 3D ортогональных тканей на микроструктурном уровне. Ученые [2] разрабатывают численную модель для анализа пробития ткани, но также используют малое количество элементов в сечении нити. В работе отсутствует анализ контактного взаимодействия, энергетического баланса и контроля эффекта hourglass.

Крайне важно иметь картину поведения модели материала при исследовании деформации одного элемента [10]. Тестирование одного элемента позволяет выявить ограничения в модели материала и его применимость к решаемой задаче.

Наиболее распространенный пакет конечно-элементного анализа – LS-DYNA [11]. Для волокон и нитей, как правило, используют модели материала, поддерживающие ортотропные свойства.

Для ортотропных материалов в LS-DYNA [11] используются следующие наиболее распространенные модели (табл.).

Подходы к моделированию процесса разрушения композитов и тканых материалов различаются. В случае использования композитов применяются критерии разрушения, например Чанга – Чанга и Цая – Ву, которые учитывают комплексное разрушение от осевой деформации и сдвиговой деформации в различных плоскостях [11]. При исследовании мягких тканых материалов разрушение от сдвига практически отсутствует и это необходимо учитывать при использовании моделей разрушения по названным эмпирическим критериям. Более того, оси главных напряжений в ортотропных материалах не совпадают с осями главных деформаций и осями материала [12], как это происходит в изотропных материалах. Это не позволяет в полной мере использовать в качестве критерия опцию ADD_EROSION [11], которая предусматривает разрушение по главным напряжениям, деформациям, эффективным деформациям, напряжениям фон Мизеса.

Для исследования выбраны наиболее часто встречающиеся в расчетах высокоскоростного нагружения модели ортотропных материалов: 221 и 22, 54/55, 59 (см. табл.). Последние имеют одинаковую логику расчета. Поэтому сравнение производили между данной группой материалов и моделью 221. Все расчеты выполнены с использованием обновленной формулировки Лагранжа [11].

Таблица

Модели ортотропных материалов LS-DYNA

Модель материала	Модель повреждений +/–	Модель разрушений +/–	Тип элементов
mat_002 orthotropic_elastic	–	–	Solid Shells
mat_22 mat_composite_damage	–	+	Solid Shells
mat_54/55 mat_enhanced_composite_damage	+	+	Thin shells
mat_58 mat_laminated_composite_fabric	+	+	Shells Thick Shells
mat_59 mat_composite_failure_option_model	shells+ solid–	+	Solid Shells
mat_221 mat_orthotropic_simplified_damage	+	+	Solid

Поведение материалов в указанных моделях подчиняются закону Гука. Допустимы настройки повреждений. Однако часто в исследованиях высокоскоростного нагружения допускается, что материал остается упругим вплоть до разрушения.

Для численного эксперимента выбран восьмиузловой элемент с одной точкой интегрирования [11], который наиболее часто используется в задачах высокоскоростного нагружения. Осуществлялся сдвиг в плоскости *XY* (рис. 1, *а* – начальное положение, *б* – конечное положение) со скоростью 100 м/с перпендикулярно оси волокна в элементе. Ось материала в элементе меняет положение по мере его деформации. Во всех расчетах представлены истинные напряжения [11] до сдвига на 45°. Характеристики ортотропных материалов, которые используются при моделировании высокоскоростного нагружения арамидных материалов на уровне нитей [3], представлены далее.

Входные параметры модели

Модули упругости, ГПа	
E1	140
E2	1,4
E3	1,4
Модули сдвига, ГПа	
G13	0,05
G12	0,05
G23	0,05

Коэффициенты Пуассона принимали близкими к нулю [13]. Схема деформации представлена на рисунке 1. Ось волокна расположена вдоль оси *X*, вдоль узлов 1 и 2.

Графики изменения нормальных напряжений по оси *X*, совпадающей с осью волокна, представлены на рисунке 2.

Графики изменения нормальных напряжений вдоль оси *Y* представлены на рисунке 3.

Графики изменения касательных напряжений в плоскости *XY* представлены на рисунке 4.

Графики изменения внутренней энергии представлены на рисунке 5.

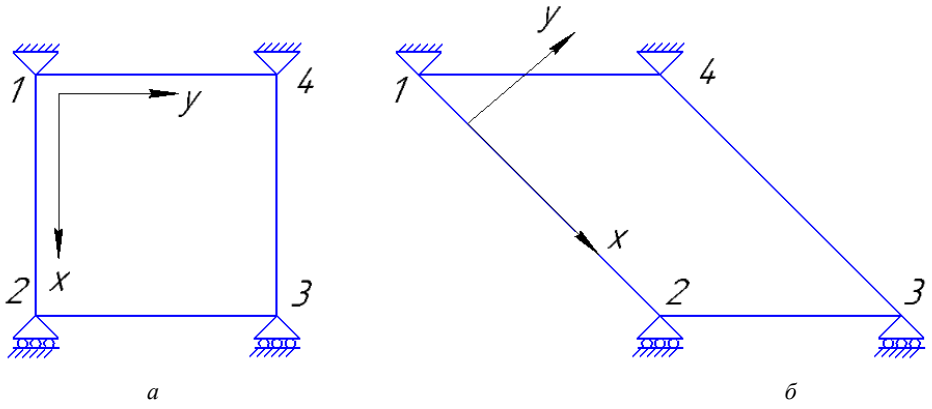


Рис. 1. Сдвиг элемента в плоскости *XY*

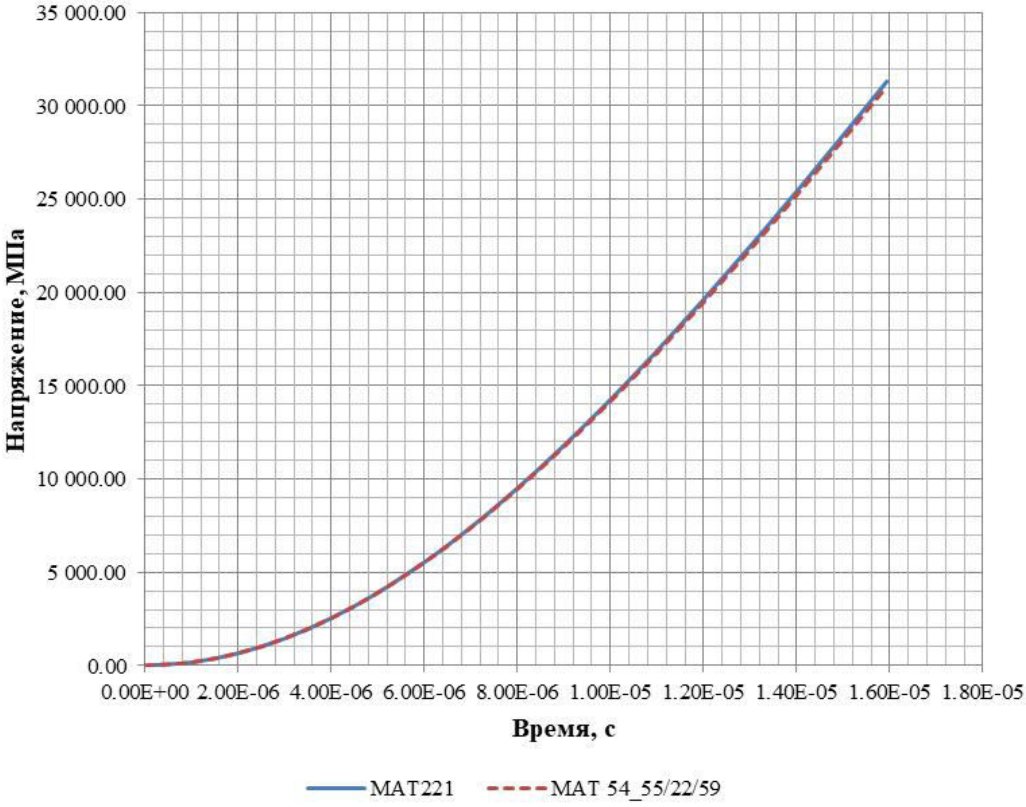


Рис. 2. Изменение напряжений по оси волокна (*X*)

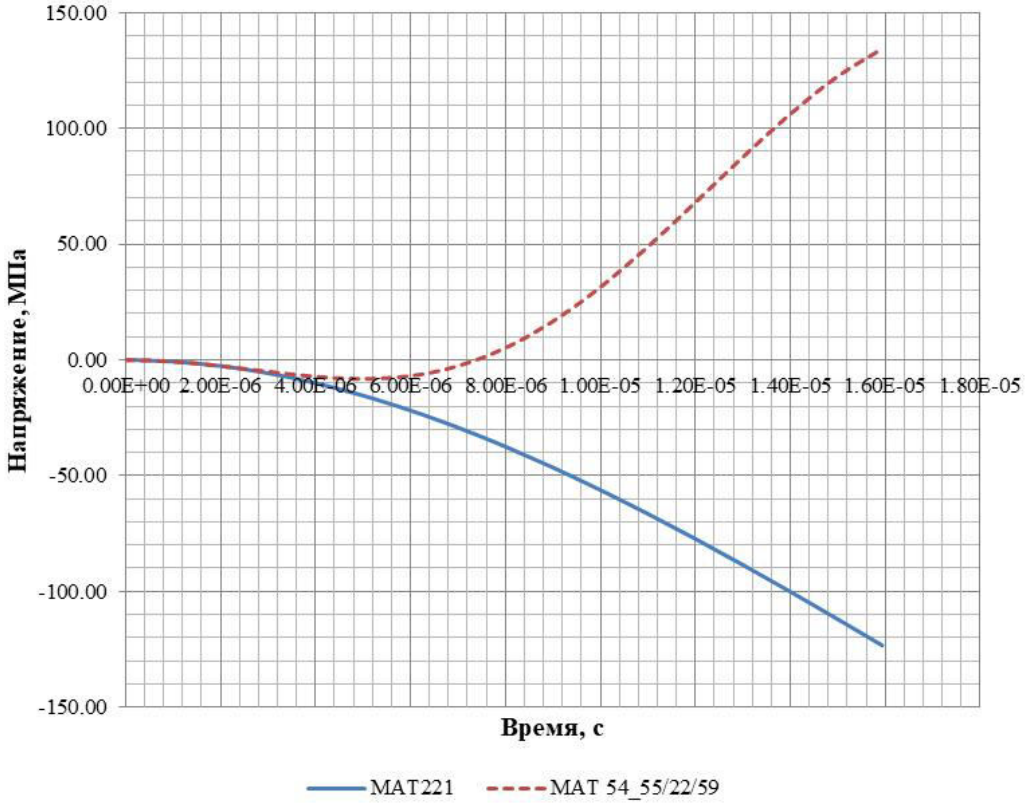


Рис. 3. Изменение напряжений вдоль оси *Y*

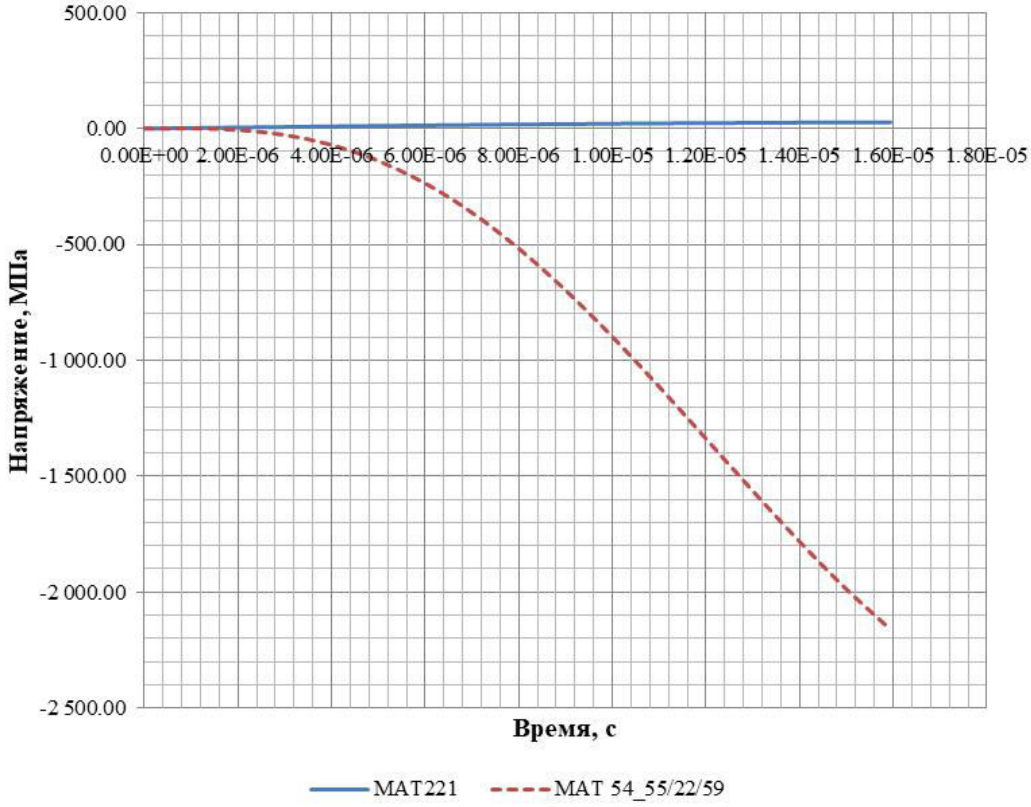


Рис. 4. Изменение напряжений в плоскости *XY*

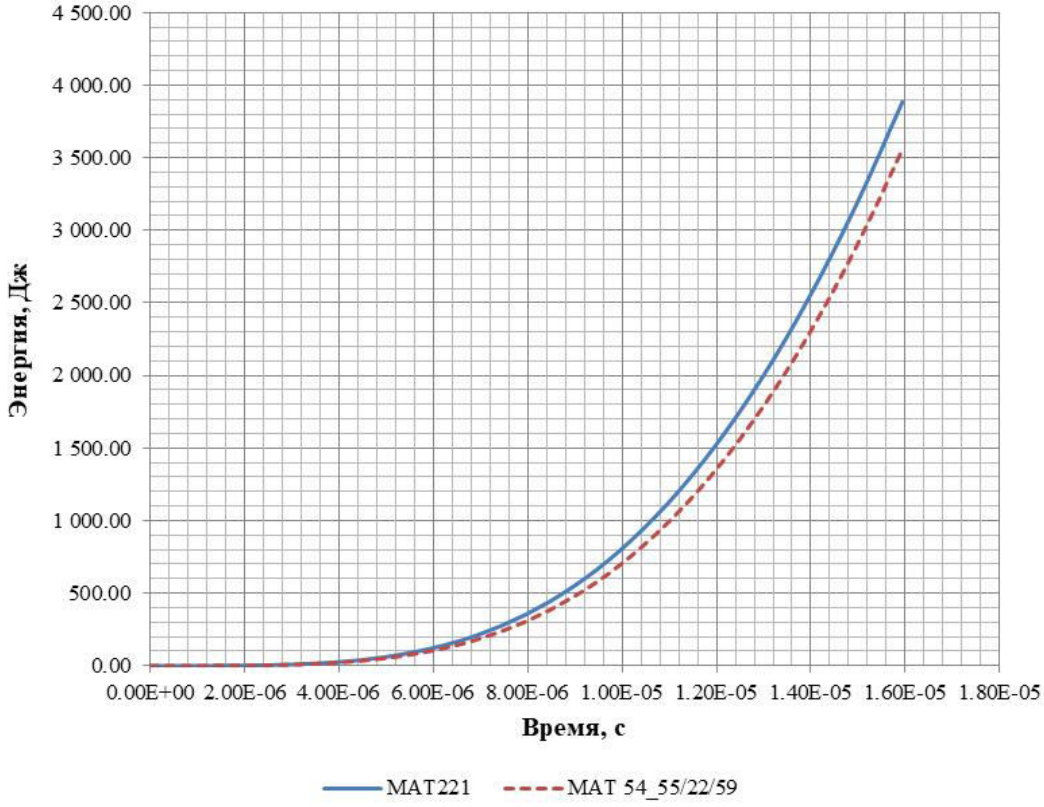


Рис. 5. Изменение внутренней энергии

Из рисунка 4 видно, что для модели материала MAT221 касательные напряжения в плоскости конечного элемента практически не возникают, т. е. эта модель материала наиболее полно соответствует текстильным нитям, которые практически не сопротивляются изгибу. Результаты расчета нормальных напряжений в направлении, перпендикулярном оси волокна, по оси *Y*, для исследованных материалов, как это видно из рисунка 3, существенно отличаются. Поэтому, несмотря на то что напряжения вдоль оси волокна для разных моделей материалов практически не отличаются, а максимальное отличие во внутренней энергии элемента не превышает 10 %, предпочтение при расчетах высокоскоростного пробития текстильных материалов следует отдать модели MAT221. Это подтверждается результатами, приведенными в работах [14, 15].

ВЫВОД

Анализ поведения моделей материалов, используемых при конечно-элементном моделировании с использованием восьмиузлового конечного элемента с одной точкой интегрирования, показал, что при моделировании текстильных материалов, имеющих малое сопротивление изгибу, предпочтение следует отдать модели MAT221.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Effects of architecture on ballistic resistance of textile fabrics: Numerical study / P. Tran, T. Ngo, E. C. Yang, P. Mendis, W. Humphries // International Journal of Damage Mechanics. 2014. Vol. 23. P. 359–376.
2. Virtual ballistic impact testing of Kevlar soft armor: Predictive and validated finite element modeling of the V0–V100 probabilistic penetration response / G. Nilakantan, S. Horner, V. Halls, J. Zheng // Defence Technology. 2018. P. 213–225.
3. Поверхностная обработка арамидной ткани и ее влияние на механику фрикционного взаимодействия нитей / А. В. Игнатова, Н. Ю. Долганина, С. Б. Сапожников, А. А. Шаблей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2017. № 4. С. 121–137.
4. Kudryavtsev O. A., Sapozhnikov S. B. Yarn-level modelling of woven and unidirectional thermoplastic composite materials under ballistic impact // PNRPU Mechanics Bulletin. 2016. N 3. P. 108–119.
5. Modeling the effects of yarn material properties and friction on the ballistic impact of a plain-weave fabric / M. P. Rao, Y. Duan, Michael Keefe, B. M. Powers, Travis Bogetti // Composite Structures. 2009. No. 89(4). P. 556–566.
6. Comparative analysis of experimental results and finite element simulation results of ballistic impact on 3D woven reinforced composites / F. Qian, L. Zhao, S. Zhang, G. Yao, Y. Liu // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2022. Vol. 17. doi:10.1177/155892502211389.
7. Experimental and numerical investigation of the behavior of three-dimensional orthogonal woven composite plates under high-velocity impact / Hao Su, Xuena Si, Yan Liu, Ming-ming Xu, Guang-yan Huang & Jiacong Pan // Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2022. No. 30(1). P. 1–10.
8. Investigation of the Ballistic Performance of GFRP Laminate under 150 m/s High-Velocity Impact: Simulation and Experiment / F. Chen, Y. Peng, X. Chen, K. Wang, Z. Liu, C. Chen // Polymers. 2021. No. 13(4) P. 604.
9. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gua. Numerical Simulation on Ballistic Penetration Damage of 3D Orthogonal Woven Fabric at Microstructure Level // International Journal of Damage Mechanics. 2012. № 21. P. 237–266.
10. Osborne, M. Single-Element Characterization of the LS-DYNA MAT54 Material Model [Master's thesis]. Washington : Washington State University, 2023. 105 p.
11. LS-DYNA Theory Manual, Livermore : Livermore Software Technology Corporation, 2019. 886 p.
12. Kaw Autar K. Mechanics of composite materials. Boca Raton : Taylor and Francis, 2006. 474 p.
13. Effect of textile architecture on energy absorption of woven fabrics subjected to ballistic impact / C. Yang, P. Tran, T. Ngo, P. Mendis, W. Humphries // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 553. P. 757–762.
14. Численная модель удара высокоскоростного объекта о тканую преграду из арамидных нитей / А. П. Гречухин, А. В. Куликов, И. В. Старинец, В. Н. Ершов, П. Н. Рудовский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1(409). С. 211–217.

15. Методика 3D-моделирования трехмерных ортогональных тканей / А. П. Гречухин, А. Хабибуллоев, П. Н. Рудовский, И. В. Старинец, А. В. Куликов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1(403). С. 133–138.

REFERENCES

1. Tran P., Ngo T., Yang E. C., Mendis P., Humphries W. Effects of architecture on ballistic resistance of textile fabrics: Numerical study. International Journal of Damage Mechanics. 2014;23:359–376.
2. Nilakantan G., Horner S., Halls V., Zheng J. Virtual ballistic impact testing of Kevlar soft armor: Predictive and validated finite element modeling of the V0–V100 probabilistic penetration response. Defence Technology. 2018: 213–225.
3. Ignatova A. V., Dolganina N. Yu., Sapozhnikov S. B., Shabley A. A. Aramid fabric surface treatment and its impact on the mechanics of yarn's frictional interaction. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika* [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Mechanics]. 2017;4:121–137. (In Russ.)
4. Kudryavtsev O. A., Sapozhnikov S. B. Yarn-level modelling of woven and unidirectional thermoplastic composite materials under ballistic impact. PNRPU Mechanics Bulletin 3. 2016;108–119.
5. Rao M. P., Duan Y., Keefe M. Powers B. M., Bogetti T. Modeling the effects of yarn material properties and friction on the ballistic impact of a plain-weave fabric. Composite Structures. 2009;89(4):556–566.
6. Qian F., Zhao L., Zhang S., Yao G., Liu Y. Comparative analysis of experimental results and finite element simulation results of ballistic impact on 3D woven reinforced composites. Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2022;17. doi:10.1177/15589250221138910.
7. Su H., Si X., Liu Ya., Xu M., Huang G., Pan J. Experimental and numerical investigation of the behavior of three-dimensional orthogonal woven composite plates under high-velocity impact. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2022;30(1):1–10.
8. Chen F., Peng Y., Chen X., Wang K., Liu Z., Chen C. Investigation of the Ballistic Performance of GFRP Laminate under 150 m/s High-Velocity Impact: Simulation and Experiment. Polymers. 2021; 13(4):604.
9. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gua. Numerical Simulation on Ballistic Penetration Damage of 3D Orthogonal Woven Fabric at Microstructure Level. International Journal of Damage Mechanics. 2012;21(2):237–266.
10. Osborne, M. Single-Element Characterization of the LS-DYNA MAT54 Material Model [Master's thesis]. Washington, Washington State University, 2023. 105 p.
11. LS-DYNA Theory Manual. Livermore, Livermore Software Technology Corporation, 2019, 886 p.
12. Kaw Autar K. Mechanics of composite materials. Boca Raton.: Taylor and Francis, 2006. 474 p.
13. Yang C., Tran P., Ngo T., Mendis P., Humphries W. Effect of textile architecture on energy absorption of woven fabrics subjected to ballistic impact. Applied Mechanics and Materials. 2014;553:757–762.
14. Grechukhin A. P., Kulikov A. V., Starinets I. V., Ershov V. N., Rudovskiy P. N. Numerical impact model of a high-speed object on a woven barrier made of aramid threads *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;1(409):211–217. (In Russ.)
15. Grechukhin A. P., Khabibullaev A., Rudovsky P. N., Starinets I. V., Kulikov A. V. Method for 3D modeling of three-dimensional orthogonal fabrics. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;1(403):133–138. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 24.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

ДИЗАЙН

Научная статья
УДК 658.512.23; 745.5
EDN CPEQZL
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-43-48
Сергей Ильич Галанин[1]
Артём Алексеевич Романов[2]
[1,2] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1] sgalanin@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5425-348X
[2] romanovart777@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3744-3740

ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УКРАШЕНИЙ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ И НЕСТАНДАРТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Аннотация. *Рассматриваются особенности дизайна и технологии создания украшений и арт-объектов с использованием нетрадиционных и нестандартных материалов и элементов. Введен термин «особые» материалы. Проанализированы возможные технологии формообразования и декорирования украшений с использованием «особых» материалов, различия в технологии изготовления серийных и эксклюзивных украшений. Выделена группа украшений ручной работы handmade. Показано, что рассматриваемые украшения и арт-объекты объединены возможностью самореализации дизайнеров, что фантазия авторов практически ничем не ограничена в выборе дизайна и применяемых материалов. Дизайн и конструкция изделий, свойства используемых материалов и элементов, их форма и габариты, особенности формообразования, соединения, закрепки и декорирования накладывают определенные ограничения на технологию проектирования и создания украшений.*
Ключевые слова: *украшения и бижутерия, ювелирные украшения, украшения ручной работы, нетрадиционные и нестандартные материалы, нетрадиционные элементы украшений, свойства материалов, дизайн и конструкция украшений, технология изготовления украшений*

Для цитирования. Галанин С. И., Романов А. А. Дизайн и технологии изготовления украшений с нетрадиционными и нестандартными материалами // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 43–48. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-43-48.

Original article
Sergey I. Galanin[1]
Artem A. Romanov[2]
[1,2]Kostroma State University, Kostroma, Russia

DESIGN AND MANUFACTURING TECHNIQUES OF JEWELLERY, DECORATIONS AND COSTUME JEWELLERY WITH NON-TRADITIONAL AND NON-STANDARD MATERIALS

Abstract. *Peculiarities of design and technology of creating jewellery and art-objects using non-traditional and non-standard materials and elements are considered. The term "special" materials is introduced. Possible technologies of shaping and decorating jewellery with the use of "special" materials, differences in the technology of production of serial and exclusive jewelleryare analysed. The group of handmade jewellery is singled out. It is shown that jewellery and art objects under consideration are united by the possibility of self-realisation of designers, that the authors' imagination is practically unlimited in the choice of design and materials used. Design and construction of products, properties of used materials and elements, their shape and dimensions, peculiarities of shaping, joining, fastening and decorating impose certain restrictions on the technology of designing and creating jewellery.*
Keywords: *decorations and costume jewellery, jewellery, handmade decorations, non-traditional and non-standard materials, non-traditional jewellery elements, properties of materials, jewellery design and construction, jewellery manufacturing technology*

© Галанин С. И., Романов А. А., 2025

For citation: Galanin S. I., Romanov A. A. Design and manufacturing techniques of jewellery, decorations and costume jewellery with non-traditional and non-standard materials. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 43–48. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-43-48.

В последнее время широкую популярность приобрели ювелирные украшения и бижутерия, в которых используются различные нетрадиционные и нестандартные материалы, элементы и покрытия [1–6]. Назовем их общим термином «особые» материалы. Их перечень весьма обширен, использоваться может любой предмет или материал из окружающего нас мира.

В ювелирных украшениях обязательно должны присутствовать драгоценные металлы и камни, иначе они будут относиться к классу бижутерии [1]. Поэтому их изготовлением, как правило, занимаются как известные, так и молодые, формирующиеся ювелирные бренды, фирмы и предприятия, дополнительно к драгоценным использующие «особые» материалы для привлечения покупателей нетривиальным дизайном или идеей. Использование «особых» материалов и элементов часто характерно для брендов и фирм по выпуску бижутерии. Подробная классификация таких материалов по их генезису и применению приведена ранее [2, 3].

Свою нишу на рынке занимают украшения или бижутерия, создаваемые определенной категорией людей – начинающими дизайнерами, «свободными художниками», «умельцами» различного уровня квалификации, домохозяйками, для которых создание изделий из «чего под руку попадется» является своеобразным хобби в области декоративно-прикладного искусства, которое они хотят монетизировать. Такие украшения становятся популярными на волне развития так называемого современного искусства. Их можно отнести к группе «украшений ручной работы». В зависимости от изготовителя изделия могут выпускаться серийно, быть эксклюзивными и единичными, выполняться в производственных условиях или «на коленке» – *handmade*. Необходимо отметить, что дизайн и конструкция подобных украшений могут быть весьма нетривиальными, эпатажными, яркими и интересными, что в определенной степени и решает основные задачи их создателей – самовыражение и привлечение покупателей.

Дизайн и конструкция изделий, свойства используемых материалов и элементов, их форма и габариты, особенности формообразования, соединения, закрепки и декорирования накладывают определенные ограничения на технологию проектирования и создания украшений. В работе сделана попытка анализа и систематизации этих ограничений.

Нестандартные и нетрадиционные материалы и элементы. К нетрадиционным материалам и элементам в украшениях отнесем те, применение которых по разным причинам ограничено. К нестандартным – материалы и элементы, которые никогда не относились и не относятся к ювелирным [3]. Элементами будем считать предметы материального мира, части животных, растений, насекомых, которые могут использоваться в украшениях в их первозданном, обработанном или модифицированном виде.

В контексте настоящей статьи нас интересует не генезис этих «особых» материалов, не их стоимость и редкость, а особенности технологий формирования из них украшений. Материалы и компоненты могут обладать совершенно различными свойствами по сохранности и долговечности, весу, габаритам, механическим свойствам, устойчивости к внешним воздействиям химических веществ и излучений и т. д. Эти свойства могут принципиально определять технологичность этих материалов и перспективность их использования в украшениях. К технологическим и эксплуатационным особенностям материалов и компонентов можно отнести:

– габариты: большие, маленькие;
– вес: большой, маленький;
– особенности формы: острые углы, малая толщина, сложнопрофильность поверхности, ажурность и т. д.;
– свойство поверхности: пористость, шероховатость, отражательная способность, цвет, устойчивость к истиранию и т. д.;
– механические свойства: хрупкость, твердость, вязкость, износостойкость и т. д.;
– устойчивость к внешним воздействиям и долговечность: к щелочам и кислотам, к солнечному излучению, к воде (гигроскопичность, гидрофобность, гидрофильность), к воздействию лаков, красок, клеевых композиций, к высоким и низким температурам и т. д.;
– возможность декорирования поверхности: нанесения горячих эмалей и нанопокрытий; нанесения лакокрасочных композиций и холодных эмалей (достаточные адгезионные свойства); нанесения металлических или конверсионных покрытий электрохимическим способом (наличие электропроводности), химическим или термическим способом; фактурирования и полирования поверхности различными способами;
– паяемость, склеиваемость и т. д.

Особенности формообразования и декорирования нетрадиционных и нестандартных материалов и элементов. Рассмотрим возможные технологии формообразования и декорирования украшений с использованием «особых» материалов и элементов (рис. 1).

К формообразующим относятся технологии, в результате которых изделие или его составляющие принимают конечную форму. Примерами формообразования украшений без использования дополнительной обработки материала или элемента может быть сборка и соединение булавок в колье (рис. 2, *а*); сборка пуговиц в колье (рис. 2, *б*); нанизывание листьев на нитку (рис. 2, *з*); сборка различных элементов в единую композицию (рис. 2, *ж*); соединение карандашей обжимом или склеиванием в колье (рис. 2, *в*); соединение батареек и аккумуляторов (рис. 2, *г*); частей старых часов (рис. 2, *д*) и элементов электронных приборов (рис. 2, *е*) в арт-объекты склеиванием или заливкой эпоксидными композициями; наклеивание павлиньих перьев (рис. 2, *и*) в качестве элемента ювелирного украшения и многое другое.

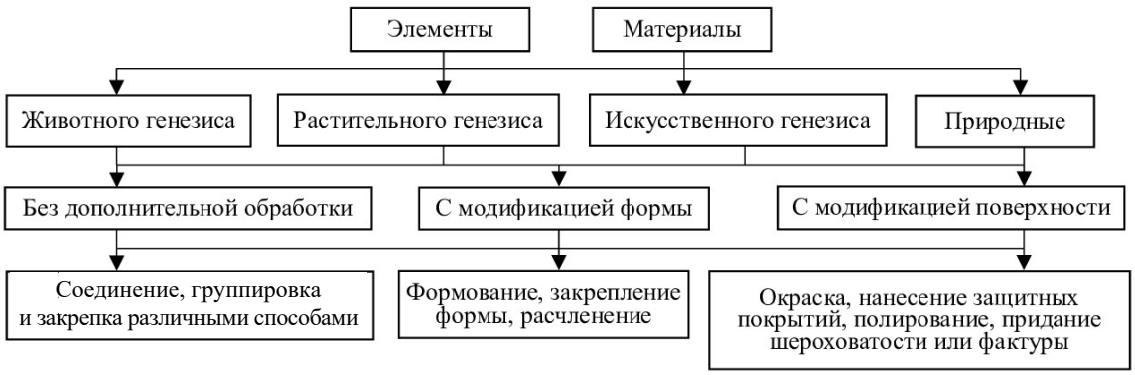


Рис. 1. Технологии формообразования и декорирования украшений с использованием нетрадиционных и нестандартных материалов и элементов

Рис. 2. Украшения без дополнительной обработки материалов или элементов:
а* – ожерелье из булавок от *Tamiko Kawata*; *б* – ожерелье из пуговиц; *в* – ожерелье из карандашей от *Susan Lenart*; *г* – арт-объект из батареек и аккумуляторов; *д* – украшение в стиле стимпанк из частей старых часов от литовской художницы Нестре; *е* – арт-объект *YouAreWhatYouEat* из элементов электронных приборов; *ж* – украшения из мусора, Эфиопия, долина Омо; *з* – украшение из листьев от болгарского художника и дизайнера Цецы Георгиевой; *и* – браслет *Serenissima* с натуральными павлиньими перьями, сапфирами и изумрудами от *Nelly Saunier* модного дома *Piaget (изображения из открытых источников)

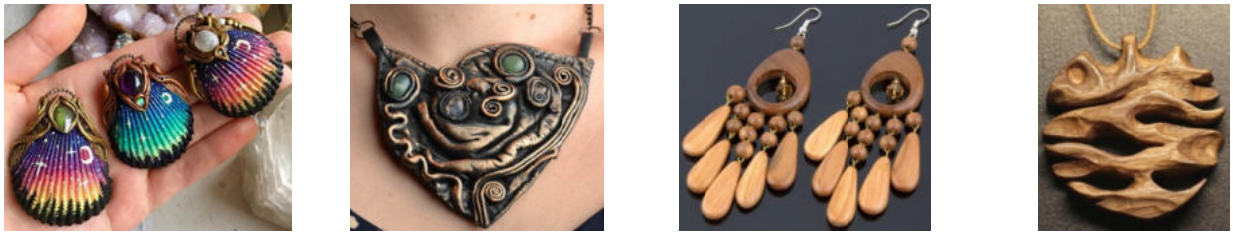
Примеры украшений с использованием формования, дополнительной обработки, разделения материала или элементов приведены на рисунке 3. Крышки от напитков дифованы, окрашены и скреплены в единое ожерелье (см. рис. 3, *а*); старые велосипедные шины (см. рис. 3, *б*) и использованные полимерные бутылки (см. рис. 3, *в*) нарезаны на ленты и собраны в ожерелье; детали из разрезанной и обработанной кожуры кокосового ореха собраны в бусы (см. рис. 3, *г*); каждый элемент бус представляет собой свернутый в рулон кусок разноцветного текстиля (см. рис. 3, *д*); уникальный материал – полимерная глина – позволяет формовать элементы практически любой формы и размера с последующим окрашиванием и соединять их в высокохудожественные композиции (см. рис. 3, *е*).

Возможно использование окрашивания и различной обработки поверхности (рис. 4): кулоны из окрашенных ракушек (см. рис. 4, *а*); тиснение и окрашивание кожи (см. рис. 4, *б*); полирование (см. рис. 4, *в*) и фактурирование (см. рис. 4, *г*) поверхности деревянных элементов.

В одном украшении могут использоваться комбинированные технологии: окраска и склеивание (см. рис. 4, *а*), формование и окрашивание (см. рис. 3, *а*). Тонкие, легко разрушаемые предметы требуют специальных приемов обработки и закрепления (см. рис. 2, *и*). В то же время возможен и «суровый» стиль, не требующий дополнительных приемов декорирования (см. рис. 3, *б*, *в*). В подавляющем большинстве изделия достаточно уникальны, изготавливаются в единичном экземпляре и объединены общей технологической идеей, это позволяет автору существенно разнообразить ассортимент и дизайн украшений.

а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 3. Украшения с использованием дополнительной обработки материала или элементов:
***а* – ожерелье из крышек от напитков от израильского художника Исава Котика;**
***б* – ожерелье из старых велосипедных шин от американского художника и эко-дизайнера Кэтлин Новак Туччи;**
***в* – ожерелье из резаных пластиковых бутылок;**
***г* – объемные многорядные бусы из кокосового ореха на деревянной застежке-пуговице от Светланы Бойко;**
***д* – бусы из текстиля; *е* – колье из полимерной глины** (изображения из открытых источников)



а *б* *в* *г*

Рис. 4. Украшения из различных материалов, подвергнутых обработке поверхности:
***а* – кулоны из ракушек от *Martina Gutfreund*;**
***б* – ожерелье из тисненой и окрашенной кожи с камнями от компании *Madeheart*;**
***в* – серьги «Патриция» из полированного дерева;**
г* – подвеска из фактурированного дерева *Dremel – Skylar Carr
(изображения из открытых источников)

В ювелирных украшениях возможности применения «особых» материалов и элементов более ограничены, чем в бижутерии. Обязательность использования драгоценных металлов и камней диктует специфический подход к созданию изделий. «Особые» элементы чаще всего включаются как части общей композиции и достаточно редко выступают в качестве конструкционных фрагментов – они используются как вставки или накладки (см. рис. 2, *и*, рис. 5). Нетрадиционные же материалы могут применяться для изготовления конструкционных частей: например, титановые, алюминиевые, деревянные, пластиковые украшения (см. рис. 5, *б*, рис. 6). Технология изготовления таких украшений определяется особенностями формообразования, декорирования и соединения используемых материалов. Часто используются клеевые соединения или уникальные методы закрепки, например кожи [6].

Заключение. Все эти украшения и арт-объекты объединены возможностью самореализации дизайнеров, фантазия авторов практически ничем не ограничена. Множество дизайнерских приемом, огромное количество конструкций, используемых материалов и предметов. Технологические приемы уникальны для каждого изделия и зачастую рождаются в процессе изготовления. Многие украшения рождаются без предварительной эскизной проработки. Каждое изделие имеет свое «лицо», свою «изюминку», но в конечном счете находит покупателя. При этом обязательно необходимо учитывать увеличение доли ручного труда, что неизбежно в украшениях *handmade*.

а *б* *в*

Рис. 5. Украшения с использованием нетрадиционных материалов в качестве накладок и вставок:
***а* – браслет *Piaget Green Aurora,* маркетри из мельчайших кусочков соломы, платана и граба, желтое золото, бриллианты и 14-каратный намибийский турмалин [7]; *б* – кольцо из дерева и смолы от *Secret Wood*;**
***в* – серебряные кольца со вставками из специально обработанного стекла** (изображения из открытых источников)

а *б* *в*

г *д* *е*

Рис. 6. Украшения с использованием нетрадиционных материалов для конструкционных элементов:
***а* – серьги *No* от ювелирного дома *Suzanne Syz Art Jewel*, алюминий, бриллианты;**
***б* – кольцо из розового золота и алюминия с танзанитом и бриллиантами от ювелирного дома *Syzanne Syz Art Jewel*;**
***в* – кольца *All Tiret Up* из титана с бриллиантами от *Suzanne Syz Art Jewel* [7];**
***г* – кольцо из титана с сапфирами и черной шпинелью от *Boucheron*;**
***д* – кольцо из дерева с янтарем и накладками из серебра;**
е* – кольцо из керамики и позолоченного серебра от *Sunlight
(изображения из открытых источников)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ
1. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
2. Галанин С. И., Романов А. А. Украшения с нетрадиционными и нестандартными материалами: стоимость и дизайн // Дизайн и технологии. 2023. № 98(140). С. 6–14.
3. 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.
4. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные металлы и сплавы в ювелирных изделиях // Технология художественной обработки материалов : материалы XXVI Всерос. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2024. С. 45–49.
5. Галанин С. И., Романов А. А. Традиционные и нетрадиционные декоративные покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2024. № 3(65). С. 53–59.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
7. Неделя высокой ювелирной моды // INTERIOR+DESIGN. URL: https://www.interior.ru/design/5539-nedelya-vysokoj-yuvelirnoj-mody.html (дата обращения: 05.12.2024).

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., 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.)
3. 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.)
4. Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional metals and alloys in juvenile products. Technology of artistic processing of materials. Materials of the XXVI All-Russian Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don, 2024. P. 45–49. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;3(65):53–59. (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. High Jewelry Fashion Week. INTERIOR+DESIGN. URL: https://www.interior.ru/design/5539-nedelya-vysokoj-yuvelirnoj-mody.html (accessed 05.12.2024).

Статья поступила в редакцию 3.12.2024
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 666.29
EDN RKBVRO
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-49-58
Татьяна Викторовна Лебедева[1]
Сергей Ильич Галанин[2]
Виктория Сергеевна Романовская[3]
[1,2,3] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1] letavi44@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-7744-4193
[2] sgalanin@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-5425-348X
[3] romanovskaya_vikulya@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-8205-8788

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ НА ЭМАЛЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЭМАЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. *В настоящее время переработка и вторичное использование производственных отходов является актуальной и своевременной задачей. В работе проведен анализ ассортимента горячих эмалей на современном ювелирном рынке, приведены результаты исследования особенностей получения декоративных эмалевых покрытий с использованием отходов эмалевого производства. Раскрываются проблемы, которые могут возникнуть при получении декоративных эффектов на покрытии из отходов эмалевого производства, а также пути их решения. Исследование декоративных свойств отходов эмалевого производства и особенностей их нанесения позволит выгодно и безопасно использовать отходы, а также внести разнообразие в дизайн ювелирно-художественных изделий.*
Ключевые слова: *горячее эмалирование, ассортимент горячих эмалей, отходы эмалевого производства, эмалевое покрытие, декоративные эффекты, текстура, параметры эмалирования, ювелирно-художественные изделия*

Для цитирования. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Романовская В. С. Особенности получения декоративных эффектов на эмалевой поверхности с использованием отходов эмалевого производства // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 49–58. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-49-58.

Original article
Tatiana V. Lebedeva[1]
Sergey I. Galanin[2]
Victoria S. Romanovskaya[3]
[1,2,3] Kostroma State University, Kostroma, Russia

FEATURES OF OBTAINING DECORATIVE EFFECTS ON AN ENAMEL SURFACE USING ENAMEL PRODUCTION WASTE

Abstract. *Currently, the recycling and recycling of industrial waste is atopical and timely task. The paper analyses the range of hot enamels in the modern jewellery market, presents the results of a study of the features of obtaining decorative enamel coatings using waste enamel production. The problems that may arise when obtaining decorative effects on the coating from waste enamel production, as well as ways to solve them, are revealed. The study of the decorative properties of enamel production waste and the features of the ir application will make it possible to profitably and safely use waste, as well as allow for diversity in the design of jewellery and art products.*
Keywords: *hot enamelling, assortment of hot enamels, waste of enamel production, enamel coating, decorative effects, texture, enamelling parameters, jewellery and art products*

For citation: Lebedeva T. V., Galanin S. I., Romanovskaya V. S. Features of obtaining decorative effects on an enamel surface using enamel production waste. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 49–58. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-49-58.

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

Тема сохранения природы, экологии в настоящее время достаточно популярна и актуальна. Ювелирные компании как промышленные предприятия имеют к ней прямое отношение и обязаны строго следить за производственными отходами. Однако проблема привлекательного дизайна встает на предприятиях еще более остро – недостаток свежих идей постепенно уменьшает спрос на новые изделия, которые кажутся похожими на предыдущие.

Новые материалы, постепенно набирающие популярность, позволяют по-другому взглянуть на украшения, тем не менее использование классических материалов также дает возможности для творчества. Горячая эмаль – классика ювелирного искусства, перспективный материал, с которым можно бесконечно экспериментировать. Существует множество техник нанесения художественных эмалей, некоторые из них остаются неизменными на протяжении веков, другие со временем модернизируются и позволяют достичь совершенно новых, ярких результатов [1–10].

В настоящее время для декорирования ювелирно-художественных изделий (ЮХИ) используются в основном горячие эмали чистых цветов. В изделиях они могут быть четко разграничены, плавно переходить от одного оттенка к другому, но тем не менее это чистые краски без непривычных вкраплений. Отходы эмалевого производства (ОЭП), образующиеся во время подготовки чистых эмалей и применяемые, как правило, в качестве контрэмали, вполне могут использоваться для декорирования лицевой стороны ЮХИ и получения разнообразных декоративных эффектов на поверхности эмалевых покрытий.

В источниках [11–13] описаны различные декоративные способы применения ОЭП для получения оригинальных эмалевых вставок. Однако данный материал имеет свои особенности, отличающие его от чистых эмалей, и при его использовании могут возникать определенные проблемы. В данной работе исследуются особенности получения декоративных покрытий с использованием ОЭП. Раскрываются проблемы, которые могут возникнуть при получении декоративных эффектов на покрытии из ОЭП, а также пути их решения. Исследование декоративных свойств ОЭП и особенностей их нанесения даст возможность выгодно и безопасно использовать отходы, а также позволит внести разнообразие в дизайн ЮХИ, что является актуальной и своевременной задачей.

1. Ассортимент горячих эмалей. ОЭП представляют собой остатки различных цветных эмалей, собираемых в ходе проведения технологических операций по подготовке эмалей (дробление, растирание, отмучивание и пр.). Отмучивание – многократное промывание эмали водой, необходимое для удаления мельчайших пылевидных частиц и придания эмалевому покрытию яркости и чистоты. Традиционно все отходы собираются в единую емкость, в результате образуется эмалевая масса, содержащая тонкие фракции многих видов эмалей и, следовательно, объединяющая их свойства. Из-за длительного взаимодействия с водой она становится особенно упругой и износоустойчивой [3, 4, 11, 12].

Во многом свойства горячих эмалей определяются производителем. Составы разрабатываются экспериментально, поэтому, несмотря на общность компонентов, особенности нанесения и характеристики покрытия могут значительно различаться. На данный момент существует не так много компаний по производству эмалей. Наиболее известные из них:

- Дулёвский красочный завод (Россия);
- Soyer (Франция);
- Thompson (США);
- Schauer (Австрия, но в настоящее время производится в Великобритании на заводе Milton Bridge);
- Milton Bridge и WG Ball (Великобритания);
- Ninomiya и Nihon Shippo (Япония).

Среди наиболее значимых различий между этими компаниями можно отметить их предпочтительный выбор в пользу производства бессвинцовых эмалей. Оксид свинца PbO, входящий в состав эмалей, очень токсичен и при высоких температурах начинает улетучиваться. Соответственно, данное вещество напрямую влияет на степень безопасной эксплуатации эмалей.

Производством только бессвинцовых эмалей занимаются компании Thompson, WG Ball. Компания Milton Bridge специализируется на выпуске свинцовых эмалей, но в начале 2000-х годов здесь был разработан ограниченный ассортимент эмалей без свинца. Остальные производители, как отечественные, так и зарубежные, выпускают эмали на основе свинцово-силикатных стекол.

Стоит отметить, что свинцовые и бессвинцовые эмали прекрасно сочетаются друг с другом, позволяя создавать эффектные эмалевые покрытия. Что касается других основных элементов, то химические составы эмалей по большей части совпадают, а отличия заключаются в пропорциональном соотношении компонентов и наличии различных примесей. Тем не менее именно эти отличия в массовых долях

компонентов оказывают влияние на физико-химические свойства эмалей, например, на интервал обжига (табл. 1) [14–21].

Можно заметить, что для некоторых производителей характерна единая температура обжига для всего ассортимента эмалей, для других выбор температуры обжига зависит от особенностей конкретной эмали и ее свойств.

Отличаются эмали и цветовой гаммой. В зависимости от способа изготовления и химических составов ассортимент предлагаемых эмалей может быть достаточно обширным и, наоборот, несколько ограниченным по количеству, цвету. Например, дулёвские эмали представлены в основном в сине-зеленой гамме [14], а ассортимент эмалей Milton Bridge является самым разнообразным на данный момент – компания производит эмали порядка 500 различных цветов [17]. Тем не менее в палитре каждого производителя можно найти оригинальные цвета, присущие только данной компании. Несомненно, эмали отличаются между собой и по некоторым прочностным характеристикам, и по химической устойчивости, поэтому выбирать производителя стоит, исходя из дальнейших условий эксплуатации.

Для данной работы использовались эмали Дулёвского красочного завода (ДКЗ), так как они обладают высокими эстетическими и технологическими показателями, имеют достаточную для работы палитру, единый интервал обжига для большинства эмалей, оптимальные ценовые показатели. Кроме того, эмали данного завода достаточно популярны у производителей ювелирно-художественной продукции в России.

Таблица 1

Сведения об эмалях различных производителей

Производитель / фракционное состояние	Температура обжига, °C	Ассортимент эмалей (количество)			Цена, руб. / 100 г
		Прозрачные эмали	Непрозрачные эмали	Опаловые эмали	
Дулёвский красочный завод / кусковая эмаль	790...810 750...770 (для № 16, 23, 33)	24	24	1	500…1000; 1260…4000 (золотосодержащая эмаль)
Soyer / порошковая эмаль	T^* = 750…800 °C T^{**} = 800…840 °C T^{***} = 840…900 °C	50	83	6	2500…3000
Thompson / порошковая эмаль	T = 760…815 °C	68	158	–	2400…3600
Schauer / порошковая эмаль	T_{soft} = 700…730 °C T_{medium} = 730…770 °C T_{hard} = 770…820 °C	88	96	8	2750…4000
Milton Bridge / порошковая эмаль	*Свинцовые эмали:* $T_{глухие}$ = 810…830 °C $T_{прозрачные}$ = 820…840 °C $T_{263\ серия}$ = 790…810 °C $T_{опалесцентные}$ = 810…860 °C *Бессвинцовые эмали:* $T_{прозрачные}$ = 820…840 °C $T_{глухие}$ = 780…800 °C	*Свинцовые*: обычные: 62 263 серия: 26 пастель: 21	*Свинцовые*: обычные: 48 263 серия: 51	17	2500…3000
		Бессвинцовые: 35	*Бессвинцовые*: 28		
WG Ball / порошковая эмаль	780…820 °C	96	46	–	Только под заказ на сайте компании
Ninomiya / порошковая эмаль	750…800 °C	121	94	26	3000
Nihon Shippo / порошковая эмаль	760…815 °C	111	43	4	2500…5500

2. Материалы, оборудование, инструменты и приспособления. Для экспериментов использовались образцы из меди марки М1 толщиной 1 мм. Для снятия внутренних напряжений образцы отжигались, а затем отбеливались в 15%-ном растворе лимонной кислоты.

На образцы наносились горячие эмали ДКЗ и обжигались при температуре 850 °C. Сведения об используемых эмалях представлены в таблице 2.

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

Таблица 2

Используемые эмали

Цвет	Маркировка производителя	$T_{пл}$, °С
Прозрачные эмали		
1. Бесцветный фондон	№ 32	790…810
Непрозрачные эмали		
2. Белый	№ 12	790…810
3. Желтый	№ 22	
4. Темно-зеленый	№ 100	
5. Синий	№ 91	
6. Оранжевый	№ 131	
7. Красно-оранжевый	№ 132	
8. Красный	№ 134	
9. ОЭП	–	

3. Особенности создания декоративных эффектов с помощью отходов эмалевого производства. В результате смешивания остатков горячих эмалей различных цветов и прозрачности происходит образование состава, который при обжиге образует не однородно окрашенное покрытие, а необычную крапчатую текстуру. Это связано с тем, что различные красящие компоненты эмалевого состава сплавляются друг с другом, не растворяясь (рис. 1).

а *б*

Рис. 1. Отходы эмалевого производства: *а* – до обжига; *б* – после обжига

Своеобразная текстура ОЭП открывает новые возможности для создания оригинальных изображений и декоративных эффектов, но при этом несет некоторые ограничения, которые можно сформулировать следующим образом:

1) ограниченная цветовая палитра ОЭП (как правило, в различных оттенках серого), обусловленная палитрой эмалей, используемых на каждом конкретном предприятии;

2) ограниченная читаемость получаемого изображения или декоративного эффекта, обусловленная специфической текстурой ОЭП;

3) неоднородность текстуры покрытия, обусловленная фракционным составом, т. е. различным размером частиц, входящих в ОЭП.

Кроме вышеперечисленных факторов на текстуру того или иного покрытия с использованием ОЭП влияют температурно-временные параметры плавления эмалей, а также количество обжигов.

В данном эксперименте демонстрируются некоторые аспекты сформулированных проблем и ограничений и возможные варианты их решения.

4. Результаты экспериментов

Эксперимент по смешиванию ОЭП с чистой эмалью

Сухая смесь ОЭП смешивалась с непрозрачными цветными эмалями ДКЗ в соотношении 1 : 1. Полученные эмалевые шликеры наносились тонким слоем на подготовленные образцы, просушивались и обжигались в муфельной печи. Результаты эксперимента по смешиванию ОЭП с чистой эмалью представлены в таблице 3. Более подробно данный аспект раскрыт в источнике [11].

Эксперимент по исследованию читаемости изображения из ОЭП

В данном эксперименте сначала осуществлялось нанесение грунтового слоя влажным способом, его сушка и обжиг в муфельной печи. Затем осуществлялось формирование изображения в технике сграффито или с помощью сухой порошковой эмали. Каждый декорируемый слой при необходимости просушивался и обжигался в муфельной печи. Результаты эксперимента по исследованию читаемости изображения из ОЭП разного оттенка на фоне с различными характеристиками представлены в таблице 4.

Эксперимент по исследованию фракционного состава ОЭП

Отходы эмалевого производства различных цветов разделялись на фракции с помощью двух сит с размерами ячейки 0,3 и 0,5 мм. Полученные эмалевые шликеры наносились тонким слоем на подготовленные образцы, просушивались и обжигались в муфельной печи. Результаты экспериментов по исследованию фракционного состава ОЭП представлены в таблице 5.

Таблица 3

Изменение цвета ОЭП в результате смешивания*

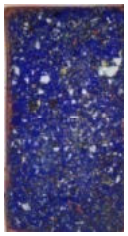
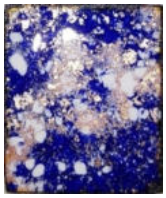
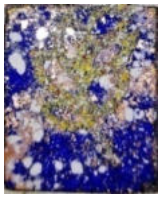
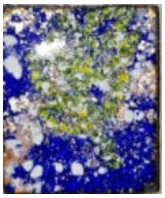
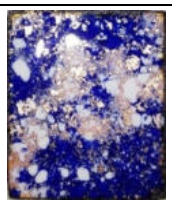
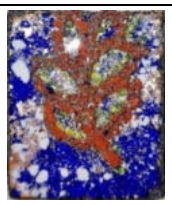
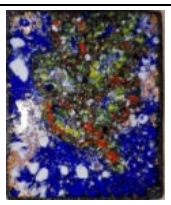
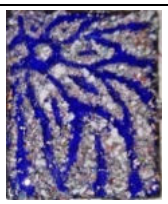
Описание	Используемые эмали	До обжига	После обжига
1. Смешивание ОЭП с чистой красной эмалью	№ 132 + ОЭП (1 : 1)		
2. Смешивание ОЭП с чистой синей эмалью	№ 91 + ОЭП (1 : 1)		

Таблица 4

Читаемость изображения из ОЭП разного оттенка на фоне с различными характеристиками

Описание	Используемые эмали	Грунтовый слой	Изображение	
			до обжига	после обжига
Формирование изображения сухой порошковой эмалью				
1. Изображение из ОЭП красного и синего оттенков на светлом фоне	*Грунтовая эмаль:* № 12 *Изображение:* ОЭП + № 91 (1 : 1); ОЭП + № 134 (1 : 1); № 22			
2. Изображение из ОЭП красного и синего оттенков на светлом фоне	*Грунтовая эмаль:* № 32 + № 12 (1 : 1) *Изображение:* ОЭП + № 91 (1 : 1); ОЭП + № 134 (1 : 1)			
3. Изображение из ОЭП светлого оттенка на пестром фоне	*Грунтовая эмаль:* № 91 + № 32 (1 : 1); № 12 + № 32 (1 : 1) *Изображение:* ОЭП светлого оттенка			
4. Изображение из ОЭП красного оттенка на пестром фоне	*Грунтовая эмаль:* № 91 + № 32 (1 : 1); № 12 + № 32 (1 : 1) *Изображение:* ОЭП + № 134 (1 : 1)			
Сграффито				
5. Изображение синего оттенка на светлом фоне из ОЭП	*Грунтовая эмаль:* № 91 + № 32 (1 : 1) *Кроющий слой:* ОЭП светлого оттенка			

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

Окончание табл. 4

Описание	Используемые эмали	Грунтовый слой	Изображение	
			до обжига	после обжига
6. Изображение из ОЭП темного оттенка на светлом фоне из ОЭП	*Грунтовая эмаль:* ОЭП темного оттенка *Кроющий слой:* ОЭП светлого оттенка			
7. Изображение желтого оттенка на темном фоне из ОЭП	*Грунтовая эмаль:* № 22 *Кроющий слой:* ОЭП темного оттенка			

Таблица 5

Изготовление образцов из ОЭП различных фракций

Описание	Используемые эмали	До обжига	После обжига
1. Получение мелкозернистой текстуры (размер ячейки сита 0,3 мм)	ОЭП		
2. Получение среднезернистой текстуры (размер ячейки сита 0,5 мм)	ОЭП + 91 (1 : 1); ОЭП + 100 (1 : 1); ОЭП + 131 (1 : 1)		
3. Получение смешанной текстуры (частицы разного размера)	ОЭП + 91 (1 : 1)		

Эксперимент по исследованию влияния температурно-временных параметров и количества обжигов на растекаемость частиц ОЭП

Результаты экспериментов по исследованию влияния температурно-временных параметров и количества обжигов на растекаемость частиц ОЭП и получаемую текстуру фиксировались в ходе получения разнообразных декоративных эффектов и представлены в таблицах 6 и 7.

5. ВЫВОДЫ и рекомендации по исследованиям

1. Разнообразные декоративные эффекты и изображения с использованием ОЭП можно получать не только с помощью различных эмальерных техник. На текстуру изображения из ОЭП можно влиять и за счет контроля и самостоятельного формирования их состава, а также варьируя температурно-временными параметрами плавления эмалей и количеством обжигов.

2. Традиционно на ювелирных предприятиях все ОЭП собирают в единую емкость, никак не разделяя их по цветовому или размерному признаку. В результате в обожженном виде можно получить темный мрачноватый оттенок с крупными вкраплениями, которые могут мешать визуальному восприятию. Подобная текстура оригинальна, но несколько ограничена в применении. Проблемы ограниченной колористики частично можно решить путем смешивания ОЭП с чистой эмалью определенного цвета в пропорции 1 : 1. При этом оттенок получается достаточно насыщенный и яркий, однако подобным способом практически невозможно получить светлый оттенок. В этом случае проблему можно решить распределением отходов по разным емкостям (по цвету или по тону) на начальных стадиях их получения.

Например, разделение ОЭП на группы:

– группа светлых цветов и оттенков эмали – белых, желтых, голубых, светло-зеленых и т. п.;
– группа темных, насыщенных цветов и оттенков эмали – синих, зеленых, серых, коричневых, бордовых и т. п.

Подобное разделение отходов дает возможность создать контрастное сочетание фона и изображения, очень эффектное при работе в техниках сграффито, нанесения эмали по трафарету, формирования изображения сухой порошковой эмалью и др. (п. 5–7 табл. 4).

Таблица 6

Влияние температурно-временных параметров на текстуру обожженных ОЭП

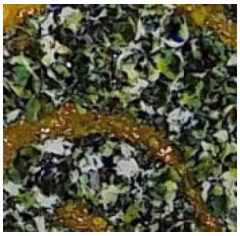
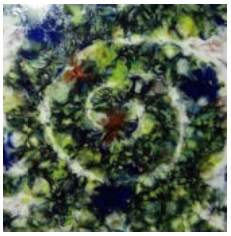
1. Четкая граница между частицами ОЭП	2. Нечеткая граница между частицами ОЭП	3. Слабая граница между частицами ОЭП
		
Температура нагрева: $T_{нагрева} \approx$ от 790 до 830 °С ***Время выдержки*** $t \approx 90$ с	***Температура нагрева:*** $T_{нагрева} \approx$ от 790 до 840 °С ***Время выдержки*** $t \approx 120$ с	***Температура нагрева:*** $T_{нагрева} \approx$ от 790 до 850 °С ***Время выдержки*** $t \approx 140$ с

Таблица 7

Влияние количества обжигов на текстуру обожженных ОЭП

Этап	Используемые эмали	После обжига
Первый обжиг	ОЭП + № 91 + № 28 (2 : 1 : 1); ОЭП + № 131 + № 34 (2 : 1 : 1); ОЭП + № 134 (1 : 1)	
Второй обжиг		
Третий обжиг		
Четвертый обжиг		

3. Читаемость получаемых изображений зависит в первую очередь от контрастности цветов, используемых для создания фона и изображения, а также степени однородности фона. Причем для формирования читаемых изображений с использованием ОЭП из-за специфического внешнего вида данного материала важны оба показателя. Рекомендуется применение контрастного однородного фона по отношению к наносимому изображению, так как это способствует улучшенной читаемости получаемого рисунка (п. 1 табл. 4). При создании изображения на пестром фоне границы, контуры рисунка в большинстве случаев теряются, читаемость изображения значительно снижается (п. 3, 4 табл. 4).

4. Фракционный размер частиц, входящих в ОЭП, оказывает влияние на визуальное восприятие, равномерность и целостность получаемого изображения. Одна крупная частица или россыпь однотонных или цветных частиц могут выбиваться из общей композиции, рисунка. Крупные частицы эмалей могут быть на уровень выше, чем итоговое покрытие после обжига, т. е. поверхность может получиться слегка рельефной. Стоит учитывать, что крупные вкрапления после обжига могут оказаться значительно больше, чем казались изначально

(см. п. 2 табл. 3). Решить данную проблему можно путем разделения ОЭП на фракции с помощью набора сит с уменьшающимся размером ячейки. Например, в данном эксперименте, используя 2 сита с размерами ячеек 0,3 и 0,5 мм, можно получить следующие фракции эмалей:

– $l < 0{,}3$ мм – мелкозернистая (примерно 80...50 меш);
– 0,3 мм $\leq l <$ 0,5 мм – среднезернистая (примерно 50…35 меш);
– $l \geq 0{,}5$ мм – крупнозернистая (крупнее 35 меш).

Данный подход может способствовать более богатому выбору текстур, например, крупнозернистая, среднезернистая, мелкозернистая или смешанная. Разделение ОЭП на группы по размерности эмалевых частиц дает возможность поварьировать текстурами. Крупнозернистая, с четко выраженными цветовыми пятнами, или практически точечная – выбор текстуры будет определяться требованиями к художественному образу, дизайну изделия. Например, в п. 6 табл. 4 на грунтовом слое отсутствуют крупные вкрапления, он достаточно равномерный и ровный, в то время как на верхнем слое эмалей присутствуют крупные желтые пятна, которые привлекают внимание.

5. Температурно-временные параметры обжига влияют на растекаемость эмали, а именно эмалевых частиц в составе ОЭП. При минимально возможном обжиге, рекомендуемом производителем, частицы разных эмалей обладают четкими границами (п. 1 табл. 6). При увеличении времени выдержки и/или температуры частицы эмалей начинают сплавляться между собой, вплетаться, втекать друг в друга (п. 2 табл. 6), граница между частицами разных цветов постепенно стирается. Если режим изменить еще сильнее, то четкая граница между частицами практически исчезнет (п. 3 табл. 6).

6. Количество обжигов также влияет на изображение, созданное из ОЭП. Как и в предыдущем случае, постепенно начинает стираться граница между частицами эмалей разных цветов. Кроме того, может частично измениться цвет или тон изображения, например, может начать преобладать другой цвет или общий тон стать светлее, что зависит от состава отходов [13].

7. 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, позволяя создавать оригинальные украшения (рис. 2).

Результаты, полученные в ходе данного исследования, характерны прежде всего для эмалей с единым интервалом обжига, в данном случае для эмалей ДКЗ. Для прочих эмалевых материалов необходимы отдельные экспериментальные исследования.

Рис. 2. Авторские кольца со вставками с использованием ОЭП (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. Лебедева Т. В., Проничев И. Л. Технология художественного эмалирования : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. 64 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Классификация эмальерных технологий и их терминология // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 46–53.
8. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Современные российские ювелирные эмали // Дизайн и технологии. 2023. № 95(137). С. 123–128.
9. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 58–64.
10. Галанин С. И., Рыбакова И. В., Колупаев К. Н. Особенности российских ювелирных брендов // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 34–43.
11. Лебедева Т. В., Романовская В. С. Исследование декоративных возможностей отходов эмалевого производства // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 48–55.
12. Лебедева Т. В., Романовская В. С. Использование отходов эмалевого 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.
13. Романовская В. С. Особенности горячего художественного эмалирования с использованием отходов эмалевого производства // 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. 249–253.
14. Эмали ювелирные // Дулёвский красочный завод. URL: https://dkz.ru (дата обращения: 22.08.2024).
15. JewelryEnamels // EmauxSoyer. URL: https://www.emaux-soyer.com/en (дата обращения: 22.08.2024).
16. Enameling Help and Information // Thompson Enamel. URL: https://thompsonenamel.com (дата обращения: 15.06.2024).
17. Jewellery Enamel // Milton Bridge. URL: https://www.milton-bridge.co.uk (дата обращения: 15.06.2024).
18. Schauer Jewellery Enamels // Milton Bridge. URL: https://www.milton-bridge.co.uk (дата обращения: 15.06.2024).
19. VITREOUS ENAMEL // WG Ball. URL: https://www.wgball.co.uk (дата обращения: 15.06.2024).
20. Nihon Shippo // Интернет-магазин для работы с горячей эмалью Арт Металлофон. URL: https://art-metallofon.ru/nihonshippo (дата обращения: 15.06.2024).
21. Ninomiya // Интернет-магазин для работы с горячей эмалью АртМеталлофон. URL: https://art-metallofon.ru/ninomia (дата обращения: 15.06.2024).

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. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2016. 99 p. (In Russ.)
3. Lebedeva T. B., Pronichev I. L. Technology of artistic enameling. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2010. 64 p. (In Russ.)
4. Galanin S. I., Lebedeva T. V. Protective and decorative coverings in jewelry production. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ., 2014. 138 p. (In Russ.)
5. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamel making: from the origin of enamel technology to the Old Rus' enamels. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):42–47. (In Russ.)

6. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamel making: from the middle ages to the present. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):32–38. (In Russ.)
7. 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.)
8. Rybakova I. V., Galanin S. I. Modern Russian jewelry enamels. *Dizayn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2023;95(137):123–128. (In Russ.)
9. 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.)
10. 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.)
11. Lebedeva T. V.,Romanovskaya V. S. The study of decorative possibilities of enamel production waste // *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):48–55. (In Russ.)
12. Lebedeva T. V., Romanovskaya V. S. The use of enamel production waste in the design of jewelry and art products // Materials of the All-Russian scientific and practicalconferencewithinternationalparticipation“Scientificresearchanddevelopmentin the field of design and technology” (Kostroma, March 23–24, 2023). Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. P. 102–106. (In Russ.)
13. Romanovskaya V. S. Features of hot artistic enameling using enamel production waste. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation “Scientific research and development in the field of design and technology” (Kostroma, March 20–22, 2024). Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2024. P. 249–253. (In Russ.)
14. Enamels jewelry. Dulevsky colorful factory. URL: https://dkz.ru (accessed 22.08.2024).
15. Jewelry Enamels. Emaux Soyer. URL: https://www.emaux-soyer.com/en (accessed 22.08.2024).
16. Enameling Help and Information. Thompson Enamel. URL: https://thompsonenamel.com (accessed 15.06.2024).
17. Jewellery Enamel. Milton Bridge. URL: https://www.milton-bridge.co.uk (accessed 15.06.2024).
18. Schauer Jewellery Enamels. Milton Bridge. URL: https://www.milton-bridge.co.uk (accessed 15.06.2024).
19. VITREOUS ENAMEL. WG Ball. URL: https://www.wgball.co.uk (accessed 15.06.2024).
20. Nihon Shippo. On line store for working with hot enamel Art Metallophone. URL: https://art-metallofon.ru/nihonshippo (accessed 15.06.2024).
21. Ninomiya. On line store for working with hot enamel Art Metallophone. URL: https://art-metallofon.ru/ninomia (accessed 15.06.2024).

Статья поступила в редакцию 4.12.2024
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 739.2
EDN WQBBSN
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-59-64
Татьяна Александровна Воробьева[1]
Ирина Алексеевна Оранская[2]
Анна Витальевна Бабич[3]
Виктория Дмитриевна Беглярова[4]
[1,2,3,4]Российский технологический университет – МИРЭА, г. Москва, Россия
[1]tatvo@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-2738-5293
[2]irinaorans@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-1186-5012
[3]ann.babich130503@yandex.com, https://orcid.org/0009-0000-7267-0319
[4]beglaranka@gmail.com https://orcid.org/0009-0005-3764-9342

ФИДЖЕТ-КОЛЬЦО – ИНКЛЮЗИВНЫЙ ПОДХОД К ДИЗАЙНУ ЮВЕЛИРНОГО ИЗДЕЛИЯ

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос создания фиджет-предмета для людей с психологической, сенсорной нагрузкой в связи с напряженной жизнедеятельностью и функционированием человека в информационной и урбанизированной среде. Исследование построено на комплексном, системном и синергетическом подходах: затронут исторический аспект, выполнено с точки зрения инклюзивности, эргономики, доказаны важность включения в дизайн изделия традиционных орнаментов и влияние их символической нагрузки на психологическое равновесие человека. С учетом всех аспектов разработан дизайн ювелирного изделия для серийного производства с применением недорогих материалов, простого дизайна и упрощенного технологического процесса. Предложенное кольцо-антистресс станет популярным украшением в области инклюзивного дизайна и поможет людям справиться с психологической и эмоциональной напряженностью.*
Ключевые слова: *фиджет-кольцо, кольцо-антистресс, инклюзивный дизайн, эргономика, ювелирное изделие, традиционный орнамент, символ*

Для цитирования. Фиджет-кольцо – инклюзивный подход к дизайну ювелирного изделия / Т. А. Воробьева, И. А. Оранская, А. В. Бабич, В. Д. Беглярова // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 59–64. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-59-64.

Original article
Tatiana A. Vorobeva[1]
Irina A. Oranskaya[2]
Anna V. Babich[3]
Victoria D. Beglyarova[3]
[1,2,3,4] Russian Technological University – MIREA, Moscow, Russia

FIDGET RING – AN INCLUSIVE APPROACH TO JEWELLERY DESIGN

Abstract. *The article considers the issue of creating a fidget item for people with psychological and sensory stress due to intense life and human functioning in information and urbanised environment. The study is based on a comprehensive, systemic and synergetic approach: the historical aspect is touched upon, it is studied from the point of view of inclusiveness, ergonomics, the importance of including traditional ornaments in the product design and the influence of their symbolic load on the psychological balance of a person is proven. Taking into account all aspects, a design of a jewellery item for serial production was developed using inexpensive materials, simplicity of design and a simplified technological process. The proposed anti-stress ring may become a popular decoration in the field of inclusive design and can help people cope with psychological and emotional stress.*
Keywords: *fidget ring, anti-stress ring, inclusive design, ergonomics, jewellery, traditional ornament, symbol*

For citation: Vorobeva T. A., Oranskaya I. A., Babich A. V., Beglyarova V. D. Fidget ring – an inclusive approach to jewellery design. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 59–64. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-59-64.

© Воробьева Т. А., Оранская И. А., Бабич А. В., Беглярова В. Д., 2025

В настоящее время темп жизни приводит к тому, что зачастую люди находятся в условиях психологической, эмоциональной, сенсорной перегрузки, так как на них постоянно воздействуют внешние звуковые и световые раздражители, что вызывает внутренний дискомфорт.

Одной из эффективных форм работы по эмоциональному развитию, его коррекции и профилактике, гармонизации негативных эмоциональных проявлений, переживаний и состояний, сохранению психоэмоционального здоровья являются разнообразные эмоционально насыщенные сенсомоторные фиджеты (от англ. *fidget* – беспокойно двигаться, перебирать). Таким фиджетом может быть любой предмет или игрушка, которая помогает «занять руки», тем самым позволяет справиться с возбуждением или нежелательным поведением [1].

Инклюзивный дизайн рассматривает проектирование изделий как процесс разработки, который предназначен для людей с разными нарушениями (постоянными или временными) и для тех, кто оказался в ситуации, ограничивающей полноценные движения или функции человека [2]. Фиджет-кольца, или же кольца-антистресс, как простые, но эффективные инструменты могут сыграть ключевую роль в инклюзивном дизайне. Они не только помогут справляться с напряжением, но и адаптированы для различных групп пользователей.

Были изучены работы исследователей в области ювелирного искусствоведения, ювелирного дизайна, технологии изготовления ювелирных украшений, ювелирного материаловедения. Среди них необходимо отметить работы Л. А. Неповинных, Е. М. Солодовник [3]; А. В. Тимохиной, Н. А. Коробцевой [4]; Н. К. Наурыз, А. К. Байдабекова [5]; С. И. Галанина, К. Н. Колупаева [6]; Н. Б. Кукловой, Н. Г. Меркуловой, А. С. Калюжной [1].

Фиджет-кольца появились как часть более широкой тенденции к созданию предметов, помогающих людям справляться с тревожностью и стрессом. Эти кольца стали популярны в начале 2000-х годов, но их корни можно проследить в более ранних антистресс-игрушках и методах, которые использовались для снятия напряжения. Изначально кольца «антистресс» не имели никакого отношения к ювелирным украшениям, а предназначались для максимального сосредоточения во время медитации.

Кольца для медитации имеют долгую историю, они появились еще в Тибете. Наиболее известные медитационные кольца – «мудры» – жесты рук, которые имеют глубокое символическое значение и используются в буддийской и индуистской практиках. Эти жесты помогают сосредоточиться, направить энергию и углубить медитацию. Такие кольца могут быть изготовлены из различных материалов, включая дерево, камень или металл, и часто украшены символами, которые имеют особое значение [3].

В современном мире медитационные кольца приобрели популярность как инструмент для фокусировки внимания и успокоения ума. Они могут использоваться в различных практиках медитации, таких как йога и другие духовные практики (рис. 1–3) [7–9].

Рис. 1. Буддийское молитвенное кольцо с колесом удачи [7]

Рис. 2. Тибетские буддийские кольца [8]

Рис. 3. Буддийское кольцо [9]

Особое значение имеет символизм в дизайне ювелирных изделий. Стоит рассмотреть ретроспективное направление поиска национального стиля, который как многогранная призма преломляет традиции народной культуры, например паттерны традиционных орнаментов, в современном ювелирном искусстве.

Такие компоненты культуры, как орнаменты, их символика в украшениях обладают определенными коммуникативными функциями и могут включать такие сложные психические образования, как ценностные ориентации, социальные установки, идеалы, убеждения, интересы. Освоенные орнаментальные формы символов культуры позволяют осуществлять метакоммуникации в процесс обмена и самоидентификации внутри общего культурно-исторического достояния.

Визуальный ряд, заданный национальными традициями, отражен в ювелирном дизайне в русском или неорусском стиле, где не столько копируются традиционные оригиналы, сколько создается новый художественный язык с помощью мотивов прошлого (рис. 4) [10].

Традиционный орнамент в ювелирном украшении как символ-спутник сопровождает человеческую деятельность и может рассматриваться как универсальное средство импровизации, как путь достижения креативного резонанса в материале культуры, помогает преодолевать ежедневные когнитивные нагрузки в процессе организации жизнедеятельности.

Рис. 4. Ювелирные коллекции в русском стиле от бренда KU&KU [10]

Эргономика в ювелирных изделиях – это важный аспект, который учитывает удобство, функциональность и комфорт носки украшений. При разработке ювелирных изделий, особенно тех, которые предназначены для длительного использования, дизайнеры и производители должны обращать внимание на несколько ключевых факторов: форма и размеры, материалы, баланс и вес, функциональность, стиль и повседневность, удобство ухода.

Эргономика в ювелирном дизайне особенно важна для людей с заболеваниями или ограниченными возможностями. Эргономичные ювелирные изделия могут существенно повлиять на комфорт и доступность ювелирных изделий для людей с заболеваниями.

Помимо физического комфорта и эстетической привлекательности у эргономичных ювелирных изделий есть также потенциальные преимущества для психического и эмоционального благополучия. Например, ювелирные изделия могут иметь значительное символическое значение для владельца, а эргономично спроектированное изделие может повысить чувство собственного достоинства и личной идентичности владельца.

Ювелирные изделия могут быть источником комфорта или напоминанием об особом человеке или событии, а эргономичное изделие может обеспечить этот комфорт, не вызывая физического дискомфорта. Эргономика в ювелирном дизайне также может играть роль в повышении безопасности. Например, ювелирные изделия, которые слишком длинные или слишком свободные, могут зацепиться за предметы или одежду, что приведет к травме. Эргономичные ювелирные изделия учитывают потенциальные опасности, связанные с их ношением, и стремятся свести к минимуму эти риски [5].

Был рассмотрен ряд аналогов. На сегодняшний день существует крупный бренд – Fidgetland [11], который предлагает различные модели фиджет-колец с уникальным дизайном и материалами на разные жизненные случаи (рис. 5). Ювелирный бренд BOHOANN [12] имеет в своем каталоге кольцо-антистресс из драгоценных металлов, которое свободно двигается при движении пальцев (рис. 6).

Также есть множество вариантов фиджет-колец из разных материалов и разной ценовой категории на маркетплейсах (см. рис. 1–3) [7–9].

Рис. 5. Фиджет-кольца бренда Fidgetland [11]

Рис. 6. Массивное крупное кольцо антистресс 7 в 1 (серебро) бренда BOHOANN

При разработке фиджет-кольца стоит обращать внимание на качество материалов и дизайн, чтобы оно было не только функциональным, но и эстетичным. Проанализировав источники литературы и аналоги, было предложено следующее решение – эскизы фиджет-колец (рис. 7).

Рис. 7. Эскизы разработанных инклюзивных фиджет-колец

Кольца предназначены для повседневной носки. Вращающиеся элементы колец выполняют функцию антистресса. Монотонное вращение элементов колец помогает снизить стресс. Предлагается использовать материалы: серебро 925 пробы, камни – желтый кварц и фианит. Кольцо имеет гравировку орнаментами, которая может окрашиваться эмалью. Для ассортимента можно применить недорогие сплавы и разные поделочные камни. Кольцо имеет подвижные детали.

Технология изготовления: литье; глухая, корнеровая закрепка. Конструкция несложной формы, выбор метода литья упрощает технологические процессы для серийного производства.

При разработке фиджет-колец учтен ряд аспектов, влияющих на процесс создания и коммерциализацию изделий:

1. Выбор материалов. Фиджет-кольца не только эргономичны, но и безопасны для здоровья, а также доступны по цене.

2. Эргономика. Фиджет-кольца удобно сидят на пальце и являются достаточно легкими, что необходимо для длительного использования.

3. Дизайн фиджет-кольца визуально привлекателен и разнообразен, чем заинтересовывает широкую аудиторию потребителей.

4. Изделия доступны для серийного производства.

5. Маркетинг и продвижение [13]. В основу концептуальности бренда заложена идея инклюзивности и использования традиционного орнамента, что привлечет внимание широкого круга потребителей.

ВЫВОДЫ

Разработанные фиджет-кольца, являясь элементами инклюзивного дизайна, выполняют эстетическую функцию. Их использование позволяет не только улучшить внимание и концентрацию пользователей, но и способствует созданию более комфортной атмосферы для людей с различными ментальными особенностями.

Фиджет-кольца как небольшие и легкие аксессуары помогают людям сосредоточиться и снизить уровень напряжения в повседневной жизни. В процессе их использования потребитель может вращать, накручивать или просто играть с кольцом, что позволяет отвлечься от негативных мыслей и расслабиться. Это механическое действие помогает снять напряжение и улучшить концентрацию, так как руки заняты, а ум получает возможность немного отвлечься. Фиджет-кольца также могут служить своего рода ритуалом, который устанавливает определенный порядок и предсказуемость в повседневной жизни. Кроме того, они могут быть по-

лезны для людей, страдающих от синдрома дефицита внимания и гиперактивности, так как позволяют лучше контролировать свои импульсы и оставаться сосредоточенными на задачах [1].

Разработанные фиджет-кольца, будучи эстетичным и многофункциональным аксессуаром, демонстрируют, как дизайнерские решения могут удачно вписать традиционные русские орнаменты в модный дизайн, сохранив эргономичность ювелирного изделия, а также помочь людям справиться с психологической и эмоциональной напряженностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Куклова Н. Б., Меркулова Н. Г., Калюжная А. С. Роль развивающей предметно-пространственной среды, обогащенной эмоционально насыщенными сенсомоторными фиджетами, в профилактике и коррекции эмоционального развития детей дошкольного возраста с нормальным и нарушенным психофизическим развитием в контексте требований ФГОС ДО // Тенденции развития науки и образования. 2017. № 22. URL: https://www.researchgate.net/publication/322915822_Rol_razvivausej_predmetno-prostranstvennoj_sredy_obogasennoj_emocionalno_nasysennymi_sensomotornymi_fidzetami_v_profilaktike_i_korrekcii_emocionalnogo_razvitia_detej_doskolnogo_vozrasta_s_normalnym_i_ (дата обращения: 29.01.2025).
2. Разработка инклюзивного концепт-продукта мобильной кружки / Т. Ю. Виноградова, Д. П. Кравченко, Я. Р. Лось, Т. А. Воробьева // Инклюзивный дизайн – возможности для всех : сборник материалов IV Нац. конф. с междунар. участием (Москва, РТУ МИРЭА, 19–21 ноября 2024 г.). Волгоград : Сфера, 2025. С. 27–30.
3. Неповинных Л. А., Солодовник Е. М. Медитация – как эффективный метод борьбы с переживаниями и стрессовыми состояниями // КиберЛенинка. 2019. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/meditatsiya-kak-effektivnyy-metod-borby-s-perezhivaniyami-i-stressovymi-sostoyaniyami/viewer (дата обращения: 29.01.2025).
4. Тимохина А. В., Коробцева Н. А. Особенности проектирования украшений для людей с ограниченными физическими возможностями // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016) : сборник материалов Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 4. М. : МГУДТ, 2016. С. 188–189.
5. Наурыз Н. К., Байдабеков А. К. Эргономика в ювелирных изделиях: дизайн для комфорта и стиля // Культурология, филология, искусствоведение: актуальные проблемы современной науки : сборник статей по материалам LXIX Междунар. науч.-практ. конф. Т. 4(58). Новосибирск : Сибирская академическая книга, 2023. С. 5–7.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
7. Буддийское молитвенное кольцо с колесом удачи // Интернет-магазин Aliexpress. URL: https://aliexpress.ru/item/1005006922750733.html?sku_id=12000038735566195&spm=a2g2w.productlist.search_results.0.672e4c03agXIM7 (дата обращения: 29.01.2025).
8. Тибетские буддистские кольца // Интернет-магазин Aliexpress. URL: https://aliexpress.ru/item/1005003426090304.html?sku_id=12000025731460493&spm=a2g2w.productlist.search_results.4.672e4c03 agXIM7 (дата обращения: 29.01.2025).
9. Буддийское кольцо // Интернет-магазин Aliexpress. URL: https://aliexpress.ru/item/1005008135195904.html?sku_id=12000043936045283&spm=a2g2w.productlist.search_results.16.672e4c03agXIM7 (дата обращения: 29.01.2025).
10. Ювелирные коллекции в русском стиле от бренда KU&KU. URL: https://glazurmag.ru/ukrasheniya/ku-ku (дата обращения: 02.02.2025).
11. Fidgetland : офиц. сайт. URL: https://fidgetland.com/?srsltid=AfmBOopVtnd_Os1qqxC0GxSsj-LxNyBAs PQkQY3DEhg1SQRKRJONBiy2 (дата обращения: 29.01.2025).
12. BOHOANN : офиц. сайт. URL: https://bohoann.ru/catalog/kolcza-bez-kamnej/kolczo-iz-semi-kolecz-ekstra-pyshnoe-hypnosis-ag-925 (дата обращения: 04.02.2025).
13. Галанин С. И., Рыбакова И. В., Колупаев К. Н. Особенности российских ювелирных брендов // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 34–43.

REFERENCES

1. Kuklova N. B., Merkulova N. G., Kalyuzhnaya A. S. The role of a developing subject-spatial environment enriched with emotionally charged sensorimotor fidgets in the prevention and correction of emotional development of preschool children with normal and impaired psychophysical development in the

context of the requirements of the Federal State Educational Standard of Preschool Education. Trends in the Development of Science and Education. 2017, No. 22. URL: https://www.researchgate.net/ publication/ 322915822_Rol_razvivausej_predmetno-prostranstvennoj_sredy_obogasennoj_emocionalno_nasysennymi_ sensomotornymi_fidzetami_v_profilaktike_i_korrekcii_emocionalnogo_razvitia_detej_doskolnogo_ vozrasta_s_ normalnym_i_ (accessed 29.01.2025). (In Russ.)
2. Vinogradova T. Yu., Kravchenko D. P., Los Ya. R., Vorobyova T. A. Development of an inclusive concept product for a mobile mug. Inclusive design – opportunities for all: Collection of materials from the IV National Conference with international participation (Moscow, RTU MIREA, November 19–21, 2024). Volgograd, Sfera Publ., 2025. P. 27–30. (In Russ.)
3. Nepovinnykh L. A., Solodovnik E. M. Meditation as an effective method for dealing with experiences and stress. CyberLeninka. 2019. URL: https://cyberleninka.ru/ article/n/meditatsiya-kak-effektivnyy-metod-borby-s-perezhivaniyami-i-stressovymi-sostoyaniyami/viewer (accessed 29.01.2025).
4. Timokhina A. V., Korobtseva N. A. Features of designing jewelry for people with disabilities. Design, technology and innovation in the textile and light industry (INNOVATIONS-2016): Collection of materials of the International scientific and technical conference. Part 4. Moscow, MSUDT, 2016. P. 188–189.
5. Nauryz N. K., Baidabekov A. K. Ergonomics in jewelry: design for comfort and style. Culturology, philology, art criticism: current problems of modern science: Collection of articles based on the materials of the LXIX international scientific and practical conference. Vol. 4(58). Novosibirsk, Sibirskaya Academicheskaya Kniga Publ., 2023. P. 5–7.
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of creating modern jewelry and art products: monograph. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. 173 p.
7. Buddhist prayer ring with a wheel of fortune. Aliexpress online store. URL: https://aliexpress.ru/item/ 1005006922750733.html?sku_id=12000038735566195&spm=a2g2w.productlist.search_results.0.672e4c 03agXIM7 (accessed 29.01.2025).
8. Tibetan Buddhist rings. Aliexpress online store. URL: https://aliexpress.ru/item/1005003426090304. html?sku_id=12000025731460493&spm=a2g2w.productlist.search_results.4.672e4c03agXIM7 (accessed on 29.01.2025).
9. Buddhist ring. Aliexpress online store. URL: https://aliexpress.ru/item/1005008135195904.html?sku_id= 12000043936045283&spm=a2g2w.productlist.search_results.16.672e4c03agXIM7 (accessed 29.01.2025).
10. Jewelry collections in Russian style from the KU&KU brand: website. URL: https://glazurmag.ru/ ukrasheniya/ku-ku (accessed 02.02.2025).
11. Fidgetland: website. URL: https://fidgetland.com/ ?srsltid=AfmBOopVtnd_Os1qqxC0GxSsj-LxNyBAs PQkQY3DEhg1SQRKRJONBiy2 (accessed 29.01.2025).
12. BOHOANN: website. URL: https://bohoann.ru/catalog/kolcza-bez-kamnej/kolczo-iz-semi-kolecz-ekstra-pyshnoe-hypnosis-ag-925 (accessed 04.02.2025).
13. Galanin S. I., Rybakova I. V., Kolupaev K. N. Features of Russian jewelry brands. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2023;3(61):34–43.

Статья поступила в редакцию 5.02.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 671.1+739.2
EDN VHJXMP
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-65-69
Сергей Ильич Галанин[1]
Александр Олегович Сильянов[2]
[1,2] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1]sgalanin@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5425-348X
[2]silyanov_ao@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-3024-5521

ОТ ЛИТЬЯ В ТЕХНИКЕ «УТРАЧЕННОГО ВОСКА» К «ПРЯМОМУ» ЛИТЬЮ: ТЕХНОЛОГИЯ И ДИЗАЙН

Аннотация. *В статье рассмотрена история развития технологии ювелирного литья по выплавляемым моделям от техники «утраченного воска» до технологии «прямого» литья. Показано, как используемые вспомогательные материалы и технические приемы влияли на трудоемкость технологии, дизайн и себестоимость изделий. Рассмотрены особенности использования технологии литья на различных этапах его исторического развития, достоинства и недостатки современных приемов и материалов. Показано, что использование технологии «прямого» литья целесообразнее при изготовлении сложных дорогостоящих ювелирных изделий. При изготовлении украшений массового потребления простой формы и дизайна экономически целесообразно использование традиционной технологии литья по выплавляемым моделям.*
Ключевые слова: *дизайн ювелирных украшений, литье в технике «утраченного воска», литье по выплавляемым моделям, технология «прямого» литья, аддитивные технологии, 3D-модель, совершенствование процесса литья*

Для цитирования. 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. https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-65-69.

Original article
Sergey I. Galanin[1]
Alexander O. Silyanov[2]
[1,2] Kostroma State University, Kostroma, Russia

FROM “LOST WAX” CASTING
TO “DIRECT” CASTING: TECHNOLOGY AND DESIGN

Abstract. *The article considers the history of development of the technology of investment casting from the lost wax technique to the technology of “direct” casting. It is shown how the used auxiliary materials and technical methods influenced the labour intensity of technology, design and cost price of products. Casting technology peculiarities use at different stages of its historical development, advantages and disadvantages of modern techniques and materials are considered. It is shown that the use of “direct” casting technology is more expedient in the manufacture of complex expensive jewellery. When producing mass consumption jewellery of simple shape and design it is economically expedient to use the traditional technology of investment casting.*
Keywords: *jewellery design, lost-wax casting, investment casting, direct casting technology, additive technologies, 3D-model, casting process improvement*

For citation: Galanin S. I., Silyanov A. O. From “lost wax” casting to “direct” casting: technology and design. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 65–69. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-65-69.

© Галанин С. И., Сильянов А. О., 2025

Технология литья металлов насчитывает несколько тысячелетий, в глубокой древности мастера создавали уникальные литые изделия. К примеру, технология литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) была известна в Древней Индии (XXX век до н. э.), в Древнем Шумере (XXVI век до н. э.). Владели ею и древние племена, населявшие экваториальную Африку (IV–XII века н. э.). Литье в кокиль скифы применяли около двух с половиной тысячелетий тому назад [1, 2]. Древнеколумбийские мастера еще в VII веке до н. э. изготавливали высокохудожественные литые изделия из «тумбаги» – сплава золота и меди в соотношении примерно 30 (золото) к 70 (медь). Использовалась так называемая технология литья в технике «утраченного воска», когда выплавляемые модели изготавливались из пчелиного воска. Дизайн таких изделий соответствовал уровню и точности технологии – изготовление тонких ажурных украшений было весьма нетривиальной задачей, с которой древние мастера с успехом справлялись (рис. 1). В древней домонгольской Руси также было распространено художественное литье сложных изделий в глиняные «утрачиваемые» формы [3].

Искусство древних ювелиров достигало очень больших высот, но технология литья была весьма трудоемкой и дорогостоящей, однако позволяла создавать эксклюзивные украшения уникального дизайна.

а *б* *в*

Рис. 1. Древние ювелирные украшения:
а – древнегреческая диадема с растительным узором, ок. VII века до н. э., археологический музей, Салоники;
б – древнескифская пектораль из кургана Толстая Могила, IV век до н. э., музей исторических драгоценностей Украины, Киев;
в – русский браслет домонгольской эпохи, XI–XII век, музей исторических драгоценностей Украины, Киев
(из открытых источников)

Развитие искусства художественного литья переживало взлеты и падения, времена расцвета и застоя. С исчезновением культур очень часто утрачивались и различные формы искусства, в том числе литья. В древности ремесленники старались держать в тайне особенности технологии и передавали их, как правило, по наследству. Нередко последний в династии уносил с собой в могилу секреты ремесла [1].

Менялись времена, совершенствовалось оборудование и используемые материалы, человечество накапливало необходимые технические знания. Развитие оборудования и профессиональных навыков, использование новых материалов привело к широкомасштабному применению ЛВМ при изготовлении ювелирных изделий из сплавов на основе золота и серебра. Это достаточно высокопроизводительный способ, позволяющий при соблюдении технологической дисциплины и соответствующем уровне профессионализма обслуживающего персонала получать высококачественные отливки сложнопрофильных изделий из драгоценных металлов продвинутого дизайна общей массой до нескольких десятков килограмм в день в зависимости от используемого оборудования [4, 5].

Основные этапы совершенствования процесса художественного ЛВМ. В СССР этот вид литья получил развитие в 1968 году. В это время были проведены закупки оборудования в ФРГ и Италии. Технология стала высокопроизводительной и экономичной, что позволило удешевить производство ювелирных изделий [4–6].

В базовом варианте технология содержала следующие основные этапы:

– изготовление мастер-модели ювелирного изделия из металла;
– изготовление разъемной резиновой пресс-формы методом вулканизации с использованием металлической мастер-модели;
– тиражирование восковых моделей («восковок») изделий путем впрыска разогретого воска из инжектора в резиновую пресс-форму с последующим отверждением «восковок» в пресс-форме и извлечением их без деформации и разрушения из пресс-формы;

– сборка восковок в восковое дерево («елку») с углом наклона «восковок» относительно ствола дерева 90º;
– формование керамических опок вокруг воскового дерева, их сушка, вытапливание воска и прокаливание в муфельной печи;
– помещение опоки в литьевую машину (вакуумную, центробежную или центробежно-вакуумную) и разливка металла;
– остывание металла в опоке;
– размывка опоки струей воды под давлением в специальной камере;
– отделение отливок от металлической «елки»;
– удаление обогащенного золотом слоя в водном растворе тиомочевины и серной кислоты (рис. 2).

Базовая технология ЛВМ идеально подходит для изготовления изделий простой формы и дизайна, восковой прототип которых легко извлекается из резиновой пресс-формы (рис. 3). При изготовлении объемных сложнопрофильных изделий сложного дизайна часто требуется разделение изделия на несколько частей с дальнейшим их соединением между собой пайкой или сваркой (рис. 4).

В последние десятилетия технология ЛВМ ювелирных изделий претерпела ряд существенных модернизаций, как в результате использования новых материалов, так и с применением новых технологических приемов.

1. После создания литейных машин нового поколения японской фирмы Yasui появилась возможность увеличения количества восковок на восковом дереве при увеличении угла их наклона к стволу до 120°. В результате производительность литейных машин значительно возросла.

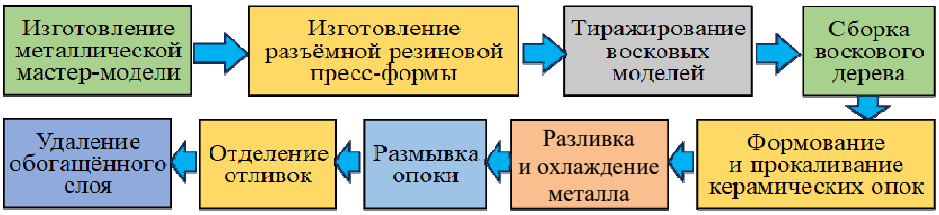


Рис. 2. Базовая технология ЛВМ

Рис. 3. Кольца ювелирной компании Sokolov простой формы

Рис. 4. Кольца ювелирной компании Sokolov, требующие разделения на составные части при изготовлении

2. Переход на новые составы лигатур драгоценных сплавов золота, не образующих в процессе ЛВМ обогащенного золотом поверхностного слоя на отливках, что не требует процесса его удаления.

3. Вместо применения резин, требующих вулканизации, для изготовления пресс-форм стали использоваться силиконовые резины холодного отверждения. Это позволило вместо металлических перейти на полимерные или восковые мастер-модели, выращиваемые по 3D-технологиям, что резко удешевило производство, хотя силиконовые резины холодного отверждения требовали специальных обечаек для придания пресс-формам жесткости и быстрее изнашивались.

4. Переход на 3D-проектирование и 3D-выращивание восковых моделей, что позволило использовать технологию «прямого» литья и принципиально упростило изготовление украшений сложного дизайна и конструкции.

Особенности «прямого» литья. При этой технологии отпадает необходимость использования мастер-моделей и пресс-форм. Восковые модели выращиваются или печатаются непосредственно на 3D-установках, минуя ряд дорогостоящих операций (рис. 5).

Рис. 5. Технология «прямого» литья

При такой технологии литья геометрия восковой модели практически ничем не ограничивается, поэтому отпадает необходимость разбивки изделий сложной формы перед отливкой на несколько частей и последующей их сборки (рис. 6). «Прямое» литье с успехом позволяет следовать одному из основных трендов в современном ювелирном искусстве – уменьшению веса украшений при сохранении их визуального объема за счет возможности формирования тонкостенных и легких ажурных отливок. Возможности этой технологии позволяют также с успехом имитировать ряд других технологических операций создания ювелирных украшений, например филигрань, или отливать изделия с подвижными элементами, например цепи [7].

Рис. 6. Восковая модель, спроектированная по технологии 3D-моделирования ювелирных изделий и изготовленная на 3D-принтере (слева), и готовое изделие (справа) [8]

При применении технологии «прямого» литья неизбежно возникает необходимость решения вопроса экономической рациональности его использования, так как 3D-печать восковых моделей – процесс дорогостоящий и может продолжаться до нескольких суток. Есть изделия, которые целесообразно выполнять только по этой технологии: ажурные, с подвижными элементами и др. (рис. 7).

Восковые же модели для изделий простой формы и незамысловатого дизайна (см. рис. 3), которые чаще всего относятся к низшей ценовой категории и предназначены для массового потребления, не всегда целесообразно тиражировать по 3D-технологиям, так как в этом случае возрастает их себестоимость.

В последние годы на отечественном рынке ювелирных изделий наметилась явная тенденция снижения продаж украшений средней ценовой группы и увеличение продаж украшений премиум-класса. Одним из современных трендов становится кастомизация ювелирных украшений, когда они создаются по индивидуальному заказу. В этом случае затраты на 3D-печать моделей становятся мизерными по сравнению с общей стоимостью заказа, иногда доходящего до нескольких десятков миллионов рублей.

ВЫВОДЫ

Совершенствование технологии литья по выплавляемым моделям с древности и до настоящего времени позволило значительно упростить и удешевить технологический процесс. Современное «прямое» литье, соединившее в себе тысячелетний опыт и передовые аддитивные технологии, при котором возможно высокопроизводительное получение сложных объемных изделий с мелкими тонкими деталями, стало великолепным инструментом для воплощения в металле самых передовых дизайнерских идей.

а *б* *в*

Рис. 7. Кольца ювелирной компании Sokolov, изготавливаемые «прямым» литьем:
а – с ажурной внутренней стороной шинки; *б* – со сквозной ажурной шинкой; *в* – с подвижными элементами

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ
1. Мировая история развития художественного литья // chuguny.ru : офиц. сайт производственного холдинга . URL: https://www.chuguny.ru/page_13.html (дата обращения: 10.03.2025).
2. Лобацкая Р. М., Берман Е. А. История русского ювелирного искусства : учебник. Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2024. 274 с.
3. Галанин С. И., Ишутина А. Н. Литье изделий в технике «утраченного воска» // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2014. № 2. С. 5–10.
4. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
5. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
6. Лившиц В. Б., Куманин В. И., Соколова М. Л. Основы материаловедения: ювелирные изделия : учеб. пособие для СПО. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2018. 208 с.
7. Сильянов А. О., Галанин С. И. Дизайн-иллюзии «прямого» литья // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 38–43.
8. Ювелирные технологии – от эскиза украшения до закрепки камня // Русская академия ремесел : сайт учебного центра. URL: https://academycrafts.ru/info/articles/yuvelirnye-tekhnologii (дата обращения: 10.03.2025).

REFERENCES
1. World history of the development of artistic casting. URL: https://www.chuguny.ru/page_13.html (accessed 10.03.2025). (In Russ.)
2. Lobatskaya R. M., Berman E. A. History of Russian jewelry art. Irkutsk, Irkutsk National Research technicfl Univ. Publ., 2024. 274 p. (In Russ.)
3. Galanin S. I., Ishutina A. N. Casting products in the technique of “lost wax”. *Trudy Akademii tekhnicheskoj estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2014;2:5–10. (In Russ.)
4. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Jewelry Manufacturing Technology. Moscow, SPM-Industriya Publ., 2017. 511 p. (In Russ.)
5. 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.)
6. Livshits V. B., Kumanin V. I., Sokolova M. L. Fundamentals of materials science: jewelry. 2nd ed., rev. and add. Moscow, Yurait Publ., 2018. 208 p.(In Russ.)
7. Silyanov A. O., Galanin S. I. Design illusions of “direct” casting. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):38–43. (In Russ.)
8. Jewelry technology – from jewelry sketch to stone setting. URL: https://academycrafts.ru/info/articles/yuvelirnye-tekhnologii (accessed 10.03.2025). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 13.02.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 72.012
EDN NUELJB
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-70-75
Дмитрий Михайлович Козарь[1]
Мария Сергеевна Кухта[2]
[1,2]Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
[1]kozar@tpu.ru, https://orcid.org/0009-0002-1729-9101
[2]kuhta@tpu.ru, https://orcid.org/0000-0001-8643-785X

СФЕРА В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМЫ

Аннотация. *В статье рассматривается возможность применения сферической формы в функциональной архитектуре и дизайне с опорой на уникальное геометрическое свойство сферы: минимальная площадь поверхности для заданного объема. Дается краткий исторический очерк и анализ текущих направлений применения сферы в архитектуре, за которыми следует аналитическое исследование зависимости ряда геометрических характеристик сферического сегмента от высоты сегмента при постоянном объеме. Показано, что оптимальное значение, при котором тепловые потери через боковую поверхность сферического сегмента будут минимальными, достигается в случае полусферы, при условии, что тепловыми потерями через основание можно пренебречь. Выделяется диапазон рациональных значений отношения высоты сферического сегмента к радиусу, при котором тепловые потери будут выше оптимальных значений не более чем на 26 %.*
Ключевые слова: *сфера, шар, сферическая форма, сферическая поверхность, сферический сегмент, тепловая эффективность, тепловые потери, архитектура, техника, дизайн*

Для цитирования. Козарь Д. М., Кухта М. С. Сфера в архитектуре и дизайне с точки зрения тепловой эффективности формы // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 70–75. https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-70-75.

Original article
Dmitrii M. Kozar[1]
Maria S. Kukhta[2]
[1,2]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

THE FIELD OF ARCHITECTURE AND DESIGN IN TERMS OF THERMAL EFFICIENCY OF FORM

Abstract. *The article considers the possibility of using spherical form in functional architecture and design with reliance on the unique geometric property of the sphere: minimum surface area for a given volume. A brief historical sketch and an analysis of current directions of sphere application in architecture are given, followed by an analytical study of the dependence of a number of geometric characteristics of a spherical segment on the segment height at constant volume. It is shown that the optimum value at which thermal losses through the lateral surface of a spherical segment will be minimal is reached in the case of a hemisphere, provided that thermal losses through the base can be neglected. The range of rational values of the ratio of the spherical segment height to radius, at which the heat losses will be higher than the optimum values by no more than 26 %, is singled out.*
Keywords: *sphere, ball, spherical shape, spherical surface, spherical segment, thermal efficiency, heat losses, architecture, technology, design.*

For citation: Kozar D. M., Kukhta M. S. The field of architecture and design in terms of thermal efficiency of form. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 70–75. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-70-75.

© Козарь Д. М., Кухта М. С., 2025

С давних времен сфера и шар являются символами совершенства. Например в работе «Меланхолия» (рис. 1) немецкого художника и гравера эпохи возрождения Альбрехта Дюрера, выполненной в 1514 году, шар изображен рядом со столярными инструментами и отражает вершину мастерства ремесленника. Такой символизм обусловлен тем, что задача изготовления геометрически идеального (визуально) шара на тот момент считалась одной из наиболее сложных.

Рис. 1. Меланхолия. Альбрехт Дюрер

В настоящее время сферические формы находят применение в архитектуре и дизайне, но не столь широкое, какое могло бы быть. В архитектуре сфера в большей степени нашла применение в виде куполов на религиозных, культурных и административных зданиях [1]. В них купол создает ощущение возвышенности, одухотворенности, свободы. Также купол обладает хорошей акустикой, а его конструкция, сферическая или близкая к сферической, является наиболее прочной и легкой из всех возможных.

Начиная с середины XX века, сферическая форма находит самостоятельное применение в архитектуре в виде зданий-куполов, выполненных в форме сферического (шарового) сегмента. Ярким примером воплощения такой архитектуры является известный американский архитектор Бакминстер Фуллер [2]. Однако применение этой формы по-прежнему ограничено. Как правило, это административные и культурные здания в крупных городах, где большой поток туристов, и для которых уникальная архитектура подобного рода зданий являет собой произведение искусства, задача которого удивлять и привлекать своего зрителя [3, 4]. И сферическая форма здесь играет в большей степени эстетическую роль, нежели функциональную. Такая архитектура может дополняться средствами графического дизайна для формирования городской идентичности [5]. Ярким примером может служить здание-экран MSGSphere (рис. 2), построенное в США, наружная поверхность которого представляет собой огромный экран, а внутренняя – сферический кинотеатр.

У сферы есть еще одно замечательное свойство, помимо прочности, жесткости, легкости, хорошей акустики, и связано это свойство с ее геометрической характеристикой: у сферы наименьшая из всех геометрических фигур площадь поверхности. И это свойство может найти применение в функциональной архитектуре. Современные материалы и технологии позволяют это реализовать в полной мере.

Рис. 2. MSG Sphere – крупнейшее в мире сферическое здание-экран

Температурный диапазон на нашей планете довольно широк: от +56 до –89 °С. Так сложилось, что большая часть территорий России находится в северных широтах, в так называемой вечной мерзлоте. Есть регионы, где температура зимой –40 °С является нормой. При этом архитектура этих регионов не сильно отличается от тех, где предельная температура зимой –4...–10 °С или выше нуля. Во многом это связано с архитектурными традициями, а также с технологичностью, стандартизацией, типизацией и унификацией, задачей которых является обеспечение низкой стоимости и высокой скорости строительства зданий. Сложно представить себе что-то иное, отличное от ставших нам привычными бетонных «коробок».

С другой стороны, на Земле есть много засушливых регионов, где применение сферической формы в архитектуре жилых зданий (как наиболее распространенных) могло бы значительно снизить потребление электрической энергии на кондиционирование, за счет снижения поступления тепла извне.

Таким образом, если поставить во главу угла не стоимость и технологичность, а функциональность, именно функциональность формы в соответствии с природными (температурными) условиями, то архитектура Сибири или, наоборот, жарких регионов и стран должна быть иной, более осмысленной. Ярким примером может быть космическая техника [6], где сферическая форма широко используется именно из-за ее уникальных геометрических характеристик.

Конечно, современные отделочные и изолирующие материалы с низкой теплопроводностью позволяют существенно снизить тепловые потери жилых зданий. Однако эти материалы можно использовать вне зависимости от формы зданий, и их применение для зданий сферической формы, имеющих минимальную площадь поверхности для заданного объема, даст куда больший эффект экономии тепла, а значит и топлива, необходимого для генерации этого тепла. Таким образом, форма здания сама по себе оказывает влияние на энергоэффективность и экологичность городской застройки.

Из курса физики хорошо известно, что тепловые потери пропорциональны площади поверхности. Достаточно вычислить площади поверхностей различных геометрических форм при неизменном объеме, чтобы можно было сравнивать их тепловую эффективность относительно друг друга, в первом приближении.

Важно отметить, что применение в архитектуре находит не сфера в чистом виде, а сферический сегмент (рис. 3), объем V которого можно определить по формуле

$$V = \pi h^2 \left(R - \frac{h}{3} \right), \qquad (1)$$

где h – высота сегмента;

R – радиус сферы.

Примем, что $V = \text{const}$, а высоту сегмента h выразим как $h = kR$, где $k \in [0; 2]$. Таким образом, $h_{\min} = 0$, а $h_{\max} = 2R$. Выразим R из формулы (1) при $V = \text{const}$, $h = kR$, $k \in [0; 2]$. Получим

$$R = \sqrt[3]{\frac{1}{\pi k^2 (1 - k/3)}} \cdot \sqrt[3]{V}, \; k \in [0; 2]. \qquad (2)$$

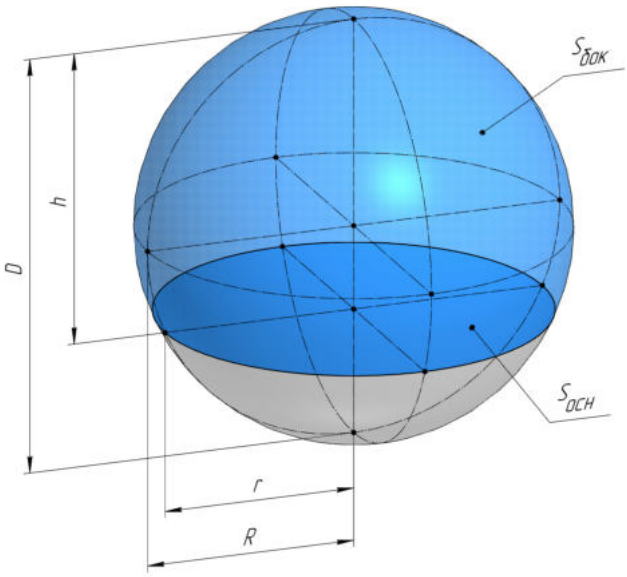


Рис. 3. Сферический сегмент и его геометрические параметры

Радиус основания сферического сегмента r определяется по формуле

$$r = \sqrt{2Rh - h^2}. \qquad (3)$$

При $h = kR$ получим

$$r = R\sqrt{2k - k^2}, \; k \in [0; 2]. \qquad (4)$$

Графики зависимостей R и r от k, $k \in [0; 2]$ для сферы единичного объема ($V = 1$) показаны на рисунке 4.

Значения по осям безразмерные. Чтобы найти значение R при заданном объеме, например при $V = 100$ м^3, и при $k = 0{,}5$, умножим значение R, найденное по графику, в данном случае $R = 1{,}16$, на $\sqrt[3]{100} = 4{,}64$ и получим $R = 5{,}38$ м, $r = 4{,}65$ м. Видно, что единицы измерения радиусов R и r зависят от единиц измерения объема V. Это позволяет абстрагироваться от единиц измерения и сравнивать только количественные показатели форм, полученные при $V = 1$.

Из графика (см. рис. 4) видно, что значение радиуса R минимально при $k = 2$, т. е. для сферы. При уменьшении k значение радиуса R начинает расти по экспоненте. Асимптотически приближаясь к малым значениям $0 < k < 0{,}2$, радиус сферического сегмента R стремительно увеличивается. Для радиуса основания r сферического сегмента все вышесказанное также справедливо, за исключением того, что при $k = 2$ $r = 0$. При $k = 1$ значения радиусов R и r равны,

так как в этом случае мы имеем дело с полусферой.

Площадь боковой поверхности сферического сегмента определяется по формуле

$$S_{бок} = 2\pi Rh = 2\pi kR^2,\ k \in [0; 2],$$

площадь основания

$$S_{осн} = \pi r^2 = \pi(2k - k^2)R^2,\ k \in [0; 2],$$

а общая площадь поверхности тогда равна их сумме

$$S_{общ} = S_{бок} + S_{осн}.$$

Графики зависимостей $S_{бок}$, $S_{осн}$ и $S_{общ}$ от k, $k \in [0; 2]$ для сферы единичного объема ($V = 1$) показаны на рисунке 5. Значения по осям безразмерные.

Из графика (см. рис. 5) видно, что $S_{общ}$ при уменьшении k растет, т. е. сферический сегмент при равном объеме имеет большую площадь, чем у сферы. Однако в случае, если сферический сегмент опирается основанием на поверхность, температура и теплопроводность которой не оказывают существенного влияния на тепловые потери через основание, то площадь основания можно исключить из определения тепловой эффективности. Тогда имеет смысл рассматривать лишь тепловые потери через боковую поверхность сферического сегмента с площадью $S_{бок}$.

Из графика (см. рис. 5) видно, что площадь боковой поверхности с уменьшением значения коэффициента k сперва снижается и лишь при $k < 1$ начинает расти по экспоненте. Таким образом, при $k \in [0{,}27; 2]$ (рис. 6) тепловая эффективность сферического сегмента, опирающего на поверхность с низкой теплопроводностью, может быть даже выше, чем у сферы, или сопоставима. В ином случае, если потерями тепла через основание пренебречь нельзя, площадь основания $S_{осн}$ нужно учитывать, и она должна быть как можно меньше.

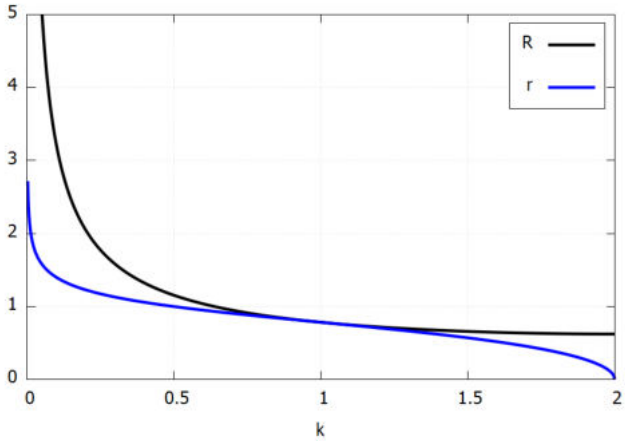


Рис. 4. Зависимость радиусов *R* и *r* сферического сегмента от *k* при *V* = 1

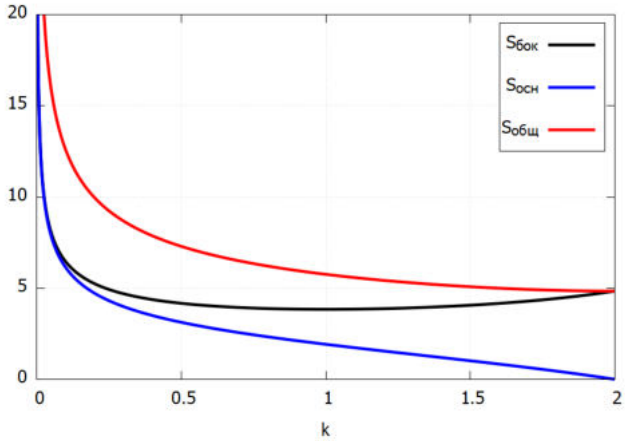


Рис. 5. Зависимость площадей $S_{бок}$, $S_{осн}$ и $S_{общ}$ сферического сегмента от *k* при *V* = 1

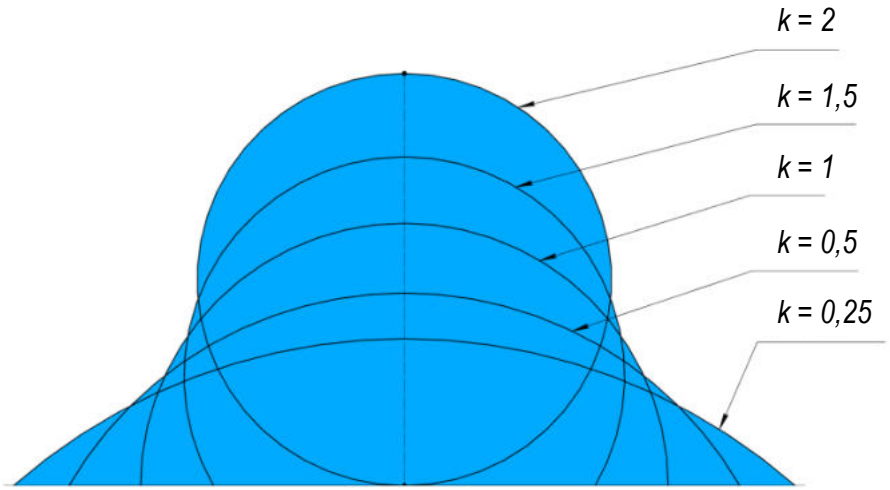


Рис. 6. Сечения сферических сегментов, опирающихся на плоскость, полученные при разных значения *k* и при *V* = const

Резюмируя все вышеперечисленное, можно утверждать, что оптимальное значение коэффициента $k = 1$, при котором тепловые потери через боковую поверхность сферического сегмента будут минимальными. Также следует выделить диапазон значений $0{,}27 < k < 2$, на границах которого тепловые потери через боковую поверхность будут выше, не более чем на 26 %.

Если сравнивать тепловую эффективность геометрических форм как отношение площадей их поверхностей при $V = \text{const}$, то сфера эффективнее куба на 25 %.

Если сферический сегмент опирается на поверхность, тепловыми потерями через которую можно пренебречь, то тепловая эффективность такого сегмента может быть даже выше, чем у сферы.

Следует отметить, что применимость данного материала не ограничивается одной лишь архитектурой. Он применим и к дизайну нагревательных приборов, где снижение тепловых потерь может быть важным, например бытовых чайников, термосов или промышленных котлов. Кроме того, объект может быть не полностью сферическим, а дополненным элементами из других геометрических форм (рис. 7).

Также могут быть составлены программы на основе алгоритмов или нейронных сетей, генерирующие массивы новых оригинальных объектов дизайна [7, 8] путем комбинирования различных геометрических форм в разных пропорциях, из которых уже эксперт выберет наиболее интересные.

ВЫВОД

Таким образом, уникальные геометрические свойства сферической формы, приводящие к минимизации тепловых потерь через боковую поверхность, с успехом позволяют использовать ее в функциональной архитектуре и дизайне бытовых приборов.

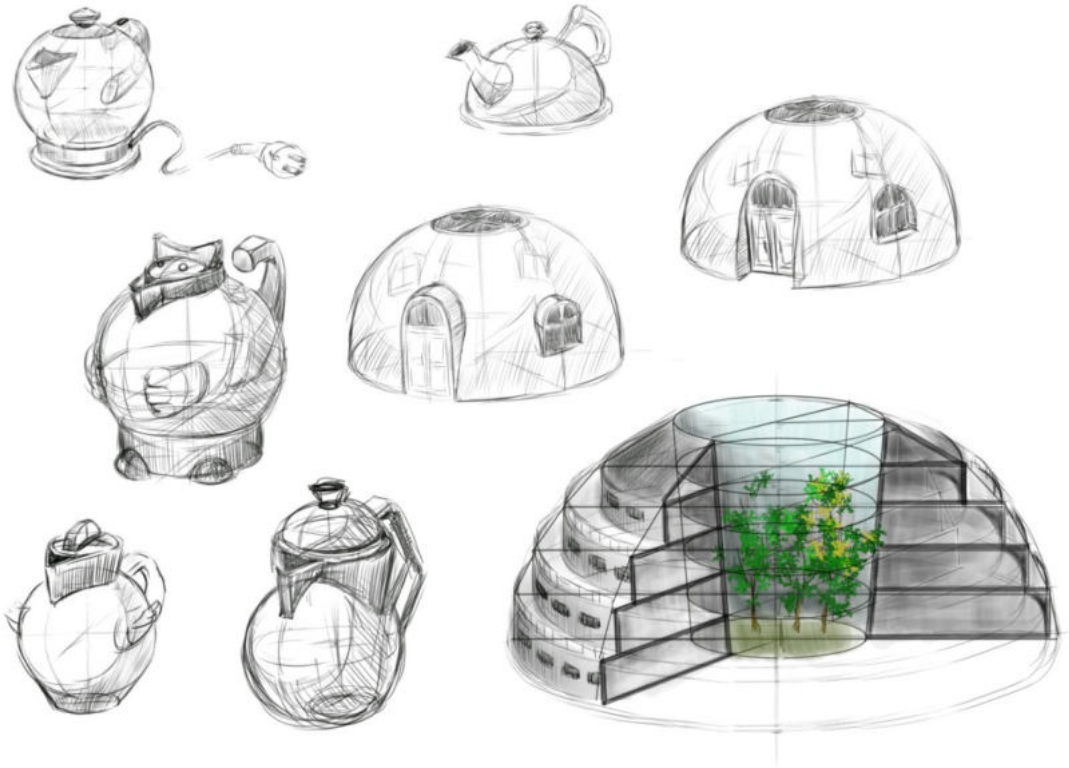


Рис. 7. Наброски возможных вариантов применения сферической формы в дизайне бытовых приборов и архитектуре

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алборова Л. А., Мамиева И. А. Криволинейные формы в архитектуре зданий и сооружений в начале XXI века // Строительство и реконструкция. 2023. № 5. С. 76–86.
2. Третьякова Е. Г., Иванова Ж. В. Сферические формы в архитектуре // V Бетанкуровский Междунар. инженерный форум : сборник трудов (Санкт-Петербург, 29 ноября – 01 декабря 2023 г.) / Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. СПб., 2023. С. 189–193.

3. Ермоленко Е. В. Сфера в современной архитектуре // Современная архитектура мира. 2018. № 11. С. 55–82.
4. Каминская М. Д., Воробьев А. Е., Чеснокова О. Г. Сферические формы в современной архитектуре // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сборник трудов Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., Волгоград, 07–08 декабря 2021 г. Ч. 2. Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2021. С. 440–445.
5. Рябинина-Задерновская В. Е. Формирование городской идентичности средствами графического дизайна (на примере Санкт-Петербурга) // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 57–63.
6. Куклина А. В., Кухта М. С. Определение основных предпосылок к появлению термина «космическая эргономика» // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 52–57.
7. Мамедова И. Ю., Чурин А. С., Оранская И. А. Оригинальность объектов дизайна, полученных при помощи нейронных сетей // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 62–69.
8. Дронов В. В., Кухта М. С. Дизайн керамических изделий с помощью подключаемого программного модуля AutoMorph // Известия Томского политехнического университета. 2011. № 5. С. 154–159.

REFERENCES
1. Alborova L. A., Mamieva I. A. Curvilinear forms in the architecture of buildings and structures up to the XXI century. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Building and Reconstruction]. 2023;3:154–164. (In Russ.)
2. Tretyakova E. G. Ivanova Zh. V. Spherical shapes in architecture. *V Betankurovskij Mezhdunar. inzhenernyj forum : sbornik trudov (Sankt-Peterburg, 29 noyabrya – 01 dekabrya 2023 g.)* [V Betancourt International Engineering Forum : Proceedings in 2 volumes, St. Petersburg, 29 November – 01 December 2023]. Saint-Petersburg, 2023. P. 189–193. (In Russ.)
3. Ermolenko E. V. Sphere in modern architecture. *Sovremennaya arhitektura mira* [Modern architecture of the world]. 2018;11:55–82. (In Russ.)
4. Kaminskaya M. D., Vorob'iev A. E., Chesnokova O. G. Spherical forms in modern architecture*. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa : sbornik trudov Mezhdunar. nauchno-prakticheskoj konferencii : v 2 ch., Volgograd, 07–08 dekabrya 2021 g.* Ch. 2 [Actual problems and prospects of development of the construction complex : proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 2 parts, Volgograd, 07–08 December 2021] Ch. 2. Volgograd, 2021. P. 440–445. (In Russ.)
5. Ryabinina-Zadernovskaya V. E. Formation of city identity by means of graphic design (the example of Saint Petersburg). *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;3(61):57–63. (In Russ.)
6. Kuklina, A. V., Kukhta M. S. Definition of the main prerequisites for the emergence of the term "space ergonomics". *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;1(63):52–57. (In Russ.)
7. Mamedova I. Yu., Churin A. S., Oranskaya I. A. Originality of design objects createdwith the help of neural networks. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;2(60):62–69. (In Russ.)
8. Dronov V. V., Kukhta M. S. Design of ceramic products using the plug-in software module AutoMorph. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University]. 2011;5:154–159. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 23.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

* Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.

Научная статья
УДК 7.048.3
EDN EUVDTE
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-76-80
Ирина Алексеевна Оранская
Российский технологический университет – МИРЭА, г. Москва, Россия
irinaorans@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-1186-5012

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ОРНАМЕНТАЛЬНЫХ МОТИВОВ В ДИЗАЙНЕ В КОНТЕКСТЕ СТРАТЕГИИ КУЛЬТУРНОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Аннотация. *Статья посвящена исследованию подходов к интерпретации традиционных орнаментальных мотивов средствами компьютерной графики. В статье анализируется синергетический подход к дизайн-проектированию айдентики и визуальных коммуникаций предприятий художественной обработки материалов. Рассматриваются аспекты государственной политики в области культуры, направленные на сохранение и популяризацию культурного наследия в практике дизайн-проектирования с применением традиционного орнамента. Особое внимание уделено критериям оценки цифровых объектов, основанным на формально-стилистическом методе анализа художественной формы как внутренней структуры взаимодействия в композиции орнамента. Приводятся конкретные примеры элементов айдентики предприятий, использующих технологию художественной обработки материалов, демонстрирующие интеграцию традиционного искусства и современных технологий визуализации. Исследование представляет интерес для специалистов в области дизайна и культурологии, занимающихся вопросами сохранения и развития национальных художественных традиций в цифровую эпоху.*
Ключевые слова: *орнамент, декоративно-прикладное искусство, интерпретация, графический дизайн, айдентика, логотип, Стратегия культурного развития России*

Для цитирования. Оранская И. А. Анализ подходов к интерпретации орнаментальных мотивов в дизайне в контексте стратегии культурного развития России // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 76–80. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-76-80.

Original article
Irina A. Oranskaya
Russian Technological University – MIREA, Moscow, Russia

ANALYSIS OF APPROACHES TO THE INTERPRETATION OF ORNAMENTAL MOTIFS IN DESIGN IN THE CONTEXT OF THE STRATEGY OF CULTURAL DEVELOPMENT OF RUSSIA

Abstract. *The article is devoted to the study of approaches to the interpretation of traditional ornamental motifs by means of computer graphics. The article considers a synergetic approach to the design of identity and visual communications of artistic materials processing enterprises. Aspects of the state policy in the field of culture aimed at preserving and popularising cultural heritage in the practice of design using traditional ornaments are considered. Special attention is paid to the criteria for evaluating digital objects based on the formal stylistic method of analysing the art form as an internal structure of interaction in the composition of the ornament. Specific examples of elements of the identity of enterprises using the technology of artistic processing of materials are given, demonstrating the integration of traditional art and modern visualisation technologies. The research is of interest to specialists in the field of design and cultural studies dealing with the issue of preservation and development of national artistic traditions in the digital age.*
Keywords: *ornament, decorative and applied arts, interpretation, graphic design, identity, logo, Russia's cultural development strategy*

For citation: Oranskaya I. A. Analysis of approaches to the interpretation of ornamental motifs in design in the context of the strategy of cultural development of Russia. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 76–80. (In Russ.). https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-76-80.

© Оранская И. А., 2025

Российская культура, являясь неотъемлемой частью глобального культурного пространства, обогащает его своим уникальным мировидением.

В последние годы в объекте пристального внимания государственной политики России находится сфера культуры. Два процесса происходят в России одновременно – с одной стороны, рост интереса граждан страны к ее культурному наследию, с другой – государственная поддержка отечественной культуры.

В Стратегии государственной культурной политики на период до 2030 года [1] рассмотрены риски и поставлены задачи культурного и гуманитарного развития в качестве основы экономического процветания, государственного суверенитета и цивилизационной самобытности страны: защита культуры и исторической памяти, доступ к культурным ценностям, сохранение исторического и культурного наследия, внедрение цифровых технологий в культурное и образовательное пространство страны, развитие интерактивной выставочной деятельности, развитие соответствующих базовых информационных ресурсов, привитие знаний о традициях и культуре народов Российской Федерации. В чек-листе по направлениям работы руководителя учреждения культуры в 2025 году по выполнению требований новой культурной госстратегии содержатся указания по включению учреждений в туристические маршруты на основании анализа туристических и краеведческих маршрутов региональными ведомствами по туризму и организации партнерского сотрудничества с предприятиями региона [2].

Такие компоненты культуры, как орнаменты, семантика их мотивов, обладают определенными коммуникативными функциями и могут включать такие сложные психические образования, как ценностные ориентации, социальные установки, идеалы, убеждения, интересы. Освоенные орнаментальные формы символов культуры позволяют осуществлять метакоммуникации в процесс обмена и самоидентификации внутри общего культурно-исторического достояния.

В мотивах орнамента отражается существующий социальный порядок в том его понимании, которое свойственно определенной культуре.

Общие тенденции в развитии и становлении направления компьютерной графики как особого вида современного искусства исследовали Л. Н. Турлюн, А. Н. Новикова.

Проблемам герменевтики орнамента, его семиотического базиса, посвящены научные работы Т. Л. Макаровой, Н. И. Иванова [3], Г. И. Гирвиц, Е. В. Гилевича, В. М. Приваловой.

Изучению проблематики взаимного влияния и проникновения цифрового орнаментального искусства и дизайна посвящены труды Р. Ю. Овчинниковой [4], Н. Е. Мильчаковой, О. А. Казачковой, А. Н. Жеребцова.

В исследовании используются труды С. И. Галанина [5, 6], И. Ю. Мамедовой, О. А. Зябневой, А. Э. Дрюковой, Ю. А. Бойко, И. В. Рыбаковой [7], М. Э. Музыкантовой, Т. В. Лебедевой [8], А. П. Нероновой, О. В. Ковалевой [9] по анализу техник создания художественных изделий декоративно-прикладного и ювелирного искусства для сравнительного анализа.

Интерпретация традиционных орнаментов средствами компьютерной графики является новым форматом в традиционном изобразительном и декоративно-прикладном искусстве, опирающимся на проектное мышление. Целью 2D-графики на основе традиционных орнаментов, узоров является создание электронных изображений, направленных на визуальную имитацию техник и материалов, использованных при их создании в материале. При этом процессе происходит трансформация, расширение и углубление выразительных средств и художественных критериев орнаментальных композиций в формате цифровой среды, а также слияние, взаимодействие и синтез искусств.

Для всей 2D-графики характерны признаки синергетического направления, где цифровая среда выступает связующим элементом между декоративно-прикладным искусством и проектной деятельностью дизайнера, позволяя интегрировать объект орнаментальной компьютерной графики в цифровую общественную коммуникационную систему.

Процесс создания орнаментальных цифровых изображений в айдентике строится на принципах дизайн-проектирования и включает такие ключевые этапы, как сбор и анализ информации, разработку концепции работы, визуального дизайна объекта, проработку взаимосвязи между визуальным стилем и функционалом, интеграцию и оптимизацию итогового изображения в цифровой среде.

Итогом синтеза орнамента с другими видами искусств, в частности цифровой графикой, является возникновение нового многослойного, многоструктурного синтетического образа.

Реконструкции традиционного орнамента средствами компьютерной графики – это детальные цифровые копии исторических узоров. Они позволяют увидеть узор по-новому, в отрыве от старинного объекта, трансформировать полученную орнаментальную композицию для задач дизайн-проектирования.

Интерпретации традиционного орнамента в цифровой среде – это развитие мотивов оригинальных узоров для решения современных графических задач: интерьерных, иллюстраторских, интерфейсных и многих других.

Благодаря слиянию двух направлений: декоративно-прикладного искусства и дизайн-проектирования формируются новые критерии оценивания цифровых объектов, основанные на формально стилистических признаках изображений.

Каждый визуальный критерий основывается на принципах проектирования.

1. Композиция.

В зависимости от прикладного назначения изображения меняется и язык композиции. Критерий «композиция» позволяет оценить принадлежность интерпретации орнамента к тому или иному направлению цифрового 2D-искусства, а также оптимизировать его использование в различных форматах современных средств визуальных коммуникаций.

2. Дизайн.

Является главным творческим этапом работы цифрового 2D-художника. Разрабатывается не только сама орнаментальная композиция, но и элементы внутри нее – орнаментальные паттерны. На основе существующих орнаментальных структур, характерных для каждого вида традиционного орнамента, создаются уникальные синергетические орнаментальные конструкции, используемые в конечном дизайн-проекте.

3. Визуальный язык.

Включает в себя уровень стилизации изображения, в который заложены формальные признаки работы с тоном и цветом, стилевые особенности. Стилизация и художественный язык орнамента в цифровой среде неразрывно связаны и взаимозависимы. Критерий «визуальный язык» позволяет оценить объект цифровой 2D-графики с точки зрения самостоятельного произведения цифрового орнаментального искусства.

Вследствие доступности средств компьютерной графики и возможностей виртуальной среды работы возникает проблема недостаточно полного выявления каких-либо географических или семантических особенностей традиционного орнамента в цифровом искусстве.

В настоящее время отсутствует единый научный подход к анализу цифровой 2D-графики как пространственно-временного синергетического направления, вобравшего в себя стилистические признаки реалистического орнаментального искусства и современного компьютерного дизайн-проектирования. Возникает необходимость в систематизации и каталогизации новых направлений цифровой двухмерной графики с точки зрения как дизайна, так и орнаментального декоративного-прикладного искусства.

С целью сохранения орнаментального культурного наследия России при его творческой интерпретации средствами компьютерной графики необходимым является выявление и систематизация основных факторов, влияющих на выбор художественных и стилистических приемов при создании орнаментов для дизайн-проектов.

Выявлены аспекты концептуально-семантических подходов в дизайне элементов айдентики и средств визуальной коммуникации с использованием паттернов традиционных орнаментов:

– модель создания визуального образа орнамента. В модели присутствуют логический, эстетический и семантический каналы формирования образа. Логический канал исследует банк орнаментальных образов, эстетический компонует образы в структуры по законам орнаментальной композиции, архитектоники цифрового пространства, семантический канал определяет выбор орнаментальных паттернов в соответствии с концепцией дизайн-проекта;
– метафора в дизайне. Разработка визуальной метафоры строится на основе культурного смыслового кода, который синтаксически заложен в форму орнаментальной интерпретации в цифровом пространстве;
– функциональность и оптимизация в дизайне. На характеристики орнаментальных интерпретаций оказывают влияние как технологические возможности по реализации дизайн-проекта в цифровой среде, так и пользовательский опыт.

В таблице представлены примеры современных интерпретаций орнаментов декоративно-прикладного искусства средствами компьютерной графики [10].

ВЫВОДЫ

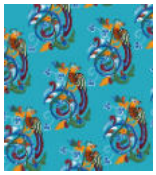
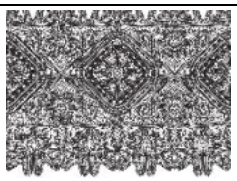
Подчеркивается проектный потенциал современной 2D-графики в разработке интерпретаций орнаментальных композиций, ее неразрывная связь с современным дизайном.

Подходы как теоретического анализа, так и практического объединения приемов цифрового и традиционного орнаментального искусства, включенных в единую систему дизайн-проектирования являются важным фактором сохранения культурного наследия страны.

Работы по реконструкции и интерпретации орнамента повышают ценность междисциплинарных научных исследований в области традиционного орнаментоведения для последующего использования в современном дизайне средств визуальных коммуникаций.

Таблица

Интерпретации орнаментальных мотивов средствами компьютерной графики

Оригинальный образец	Интерпретация средствами компьютерной графики	Тип ДПИ Техника, материалы	Особенности орнаментального узора (тип композиции, тип симметрии, цветовая гамма, мотив)
		**Художественная обработка металла** Художественная эмаль, скань	Зеркальный тип симметрии рапорта при интерпретации переходит в ковровый, образуя бесшовный паттерн для реализации в дизайне
		**Кружевоплетение** Елецкое кружево. Сцепное, парное кружево. Хлопковые нити	Ленточный тип орнамента, зеркальная симметрия рапортов, растительный мотив
		Художественная роспись по дереву Древесные материалы, пигменты Архангельская область, XIX в.	Зеркальный тип симметрии, растительный мотив, имитация росписи
		Вышивание и художественное шитье Гладь, цветные шерстяные и шелковые нити. Олонецкая губерния, Каргопольский уезд, начало XIX в., ВМДПНИ	Зооморфные и растительные мотивы паттернов, геометризм в имитации художественного шитья, выделение орнаментального паттерна для использования в дизайне
		Филигрань Казаковский завод художественных изделий	Растительный мотив с линеарным решением, имитирующим филигранные узоры

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия государственной культурной политики на период до 2030 года // Правительство России : офиц. сайт. URL: http://static.government.ru/media/files/AsA9RAyYVAJnoBuKgH0q EJA9Ix P7f2xm.pdf (дата обращения: 6.01.2025).
2. Официальный сайт туризма в Ивановской области. URL: https://visitivanovo.ru/?ysclid=m9s9u8ao4o 53 532959845 (дата обращения: 6.01.2025).
3. Иванов Н. А. Герменевтика орнамента: к методологии интерпретации орнаментальных композиций // Международный журнал исследований культуры. 2015. № 3(20). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/germenevtika-ornamenta-k-metodologii-interpretatsii-ornamentalnyh-kompozitsiy (дата обращения: 6.01.2025).

4. Овчинникова Р. Ю. Графический дизайн в контексте визуальной культуры и новых технологий // Манускрипт. 2019. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskiy-dizayn-v-kontekste-vizualnoy-kultury-i-novyh-tehnologiy (дата обращения: 6.01.2025).
5. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM..
6. Галанин С. И., Романов А. А. Традиционные и нетрадиционные декоративные покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2024. № 3(65). С. 53–59.
7. 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.
8. Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В. Геометрический орнамент в дизайне ювелирных изделий с художественными эмалями // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 65–71.
9. Неоронова А. П., Ковалева О. В. Этнохудожественные явления в современном костюме российских брендов // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 72–80.
10. Орнамика – архив и лаборатория узоров России. URL: https://ornamika.com/ru/reconstruction/20335 (дата обращения: 6.01.2025).

REFERENCES

1. The strategy of the state cultural policy for the period up to 2030. The Government of Russia : official. website. URL: http://static.government.ru/media/files/AsA9RAyYVAJnoBuKgH0qEJA9Ix P7f2xm.pdf (accessed 6.01.2025). (In Russ.)
2. The official website of tourism in the Ivanovo region. URL: https://visitivanovo.ru/?ysclid=m9s9u8ao4o 53 532959845 (accessed 6.01.2025). (In Russ.)
3. Ivanov N. A. Hermeneutics of ornament: new methodological approaches. *Mezhdunarodnyj zhurnal issledovanij kul'tury* [International Journal of Cultural Studies]. 2015;3(20). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/germenevtika-ornamenta-k-metodologii-interpretatsii-ornamentalnyh-kompozitsiy (accessed 6.01.2025). (In Russ.)
4. Ovchinnikova R. Yu. Graphic design in the context of visual culture and new technologies. Manuscript 2019;12(5):188–192. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskiy-dizayn-v-kontekste-vizualnoy-kultury-i-novyh-tehnologiy (accessed 6.01.2025). (In Russ.)
5. 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.)
6. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;3(65):53–59. (In Russ.).
7. 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.)
8. Muzykantova M. E., Lebedeva T. V. Geometric ornament in jewellery design with artistic enamels. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):65–71. (In Russ.)
9. Neoronova A. P., Kovaleva O. V. Ethno-artistic phenomena in the modern costume of russian brands. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52):72–80. (In Russ.)
10. Ornamika – archive and laboratory of Russian patterns. URL: https://ornamika.com/ ru/reconstruction/ 20335 (accessed 6.01.2025). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 23.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

Научная статья
УДК 74.01
EDN KYCXXT
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-81-86
Александр Сергеевич Заусайлов[1]
Наталья Егоровна Мильчакова[2]
[1,2] Российский технологический университет – МИРЭА, г. Москва, Россия
[1] zausailovsasha@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0007-0513-7267
[2] mne_nugen@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3662-087X

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА И УДОБСТВА ГЕНЕРАЦИИ В ЦИФРОВОМ ДИЗАЙНЕ

Аннотация. *В статье рассматриваются основные критерии оценки визуального качества и удобства генерации изображений с использованием технологий искусственного интеллекта. Анализ включает как художественные и технические характеристики финального результата, так и параметры взаимодействия с генеративными моделями. Представлены основные группы критериев, такие как эстетика, оригинальность, композиция, читаемость, семантическая точность, пригодность к использованию, детализация, цвет, артефакты, разрешение, а также характеристики процесса генерации, включая удобство промпта, гибкость настроек, управляемость и скорость отклика. В исследовании предложена сводная таблица, отражающая различия в восприятии и оценке между пользователями и экспертами. Такой подход позволяет объективно анализировать сильные и слабые стороны генераторов изображений и оценивать их применимость в профессиональной дизайнерской практике.*
Ключевые слова: *цифровой дизайн, визуальная оценка, генеративный ИИ, генерация изображений, критерии качества, взаимодействие с моделью, UX-дизайн*

Для цитирования. Заусайлов А. С., Мильчакова Н. Е. Критерии оценки визуального качества и удобства генерации в цифровом дизайне // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 81–86. https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-81-86.

Original article
Aleksander S. Zausailov[1]
Natalia E. Milchakova[2]
[1,2] Russian Technological University – MIREA, Moscow, Russia

CRITERIA FOR EVALUATING VISUAL QUALITY AND GENERATION USABILITY IN DIGITAL DESIGN

Abstract. *The article explores the key criteria for evaluating visual quality and generation usability of images created using artificial intelligence technologies. The analysis includes both artistic and technical characteristics of the final output, as well as aspects of user interaction with generative models. The main groups of criteria are presented, including aesthetics, originality, composition, legibility, semantic accuracy, usability, detail, colour, artifacts, and resolution, along with generation process parameters such as prompt clarity, customisation flexibility, controllability, and response speed. The study offers a summary table illustrating the differences in perception and evaluation between users and experts. This approach provides an objective framework for analyzing the strengths and weaknesses of image generators and assessing their applicability in professional design practice.*
Keywords: *digital design, visual evaluation, generative AI, image generation, quality criteria, model interaction, UX design*

For citation: Zausailov A. S., Milchakova N. E. Criteria for evaluating visual quality and generation usability in digital design. Technologies & Quality. 2025. No 2(68). P. 81–86. (In Russ.) https://doi.org/10.34216/ 2587-6147-2025-2-68-81-86.

© Заусайлов А. С., Мильчакова Н. Е., 2025

В современном мире генерация изображений с помощью искусственного интеллекта – одна из самых заметных технологических тенденций последних лет. Еще недавно дизайнер тратил часы на отрисовку иллюстрации или логотипа, а сегодня достаточно ввести короткое текстовое описание, и через несколько секунд пользователь получает готовое изображение. Такие инструменты не только впечатляют своей скоростью, но и постепенно становятся полноценной частью профессиональной среды.

Среди наиболее популярных решений в этой области – DALL-E, MidJourney, Stable Diffusion и ChatGPT, недавно получивший крупное обновление, с возможность генерации изображений на уровне ведущих генеративных моделей в этой области [1, 2]. Каждая модель предлагает собственный подход к взаимодействию, отличается по стилю, точности, степени управляемости и визуальному результату. Разнообразие инструментов расширяет возможности дизайнеров, но одновременно ставит перед ними новый вызов: как сравнивать такие модели, если различия касаются не только картинки на выходе, но и самого процесса генерации?

Данная статья не сосредоточена на том, как эти модели воспринимают дизайнеры и пользователи и какие критерии важны при оценке качества сгенерированного изображения. Предлагаемый подход включает систематизированную шкалу критериев, охватывающую как визуальные и технические параметры итогового изображения, так и характеристики процесса взаимодействия с моделью. Сравнение моделей проводится с опорой на эти критерии, что позволяет более объективно оценить сильные и слабые стороны генераторов и сформулировать практические рекомендации по их применению в профессиональной среде [3].

В задачах цифрового дизайна важно оценивать как качество финального изображения, так и удобство процесса его генерации. Практики UX-дизайна и опыт применения ИИ в дизайне подчеркивают необходимость комплексной оценки: нужно учитывать субъективное впечатление пользователей от результата и процесса взаимодействия с моделью, а также экспертную оценку с точки зрения дизайна.

Рассмотрим визуальные критерии оценки по двум аспектам – финальный результат, включая визуальные и технические параметры качества, и процесс генерации, учитывая как пользовательский, так и экспертный взгляд [4].

Начнем с визуальных критериев.

Эстетика. Эстетическая ценность и общая привлекательность изображения, насколько дизайн красивый, аккуратный и соответствует современным визуальным тенденциям. В оценке эстетики учитываются гармоничность цветовой палитры, стиль исполнения, визуальный баланс композиции. Пользователи прежде всего реагируют на эстетический аспект эмоционально, нравится им работа или нет, в то время как эксперты анализируют соответствие работы принципам дизайна, таким как цветовая гармония, баланс элементов, целостность стиля [5].

Оригинальность. Уникальность и новизна идеи и исполнения. Изображение ценится выше, если оно не выглядит шаблонным или вторичным – отличительный стиль делает результат запоминающимся. Оригинальность особенно важна для логотипов, чтобы бренд визуально выделялся среди конкурентов. Пользовательская оценка здесь – ощущение «свежести» дизайна, отсутствия клише; экспертная – проверка, что работа не копирует существующие решения и демонстрирует креативность.

Композиция. Расположение и соотношение основных элементов на изображении. Хорошая композиция обеспечивает понятную визуальную иерархию и приятный баланс – взгляд зрителя естественно фокусируется на главном, и изображение воспринимается гармонично. Пользователь судит интуитивно: не перегружена ли сцена, легко ли понять, что изображено. Эксперт же анализирует композицию по дизайн-принципам: соблюдены ли баланс и пропорции, выстроены ли линии композиции, нет ли проблем с пустым пространством или выравниванием объектов.

Читаемость. Легкость восприятия заложенного смысла и разборчивость деталей, особенно текста. В логотипах и графике с текстовыми элементами читаемость критична – шрифты должны быть разборчивы, слова легко прочитываться даже в уменьшенном размере. В иллюстрациях и на фоне читаемость относится к ясности образов: зритель без затруднений распознает, что изображено, и понимает идею дизайна. Пользовательская оценка проявляется в том, насколько быстро и правильно зритель понимает идею картинки и может прочитать текст, если он есть. Экспертная оценка включает проверку контраста, кегля и гарнитуры шрифта, сочетаемости элементов, т. е. всего, что влияет на мгновенное понимание и восприятие изображения.

Семантическая точность. Соответствие содержания изображения заданному описанию, концепции или намерениям автора. Это критерий правильности смысла: генерированное изображение должно точно отражать введенный пользователем промпт или техническое задание. Например, если запрошена «минималистичная иконка с синей книгой», то результат, содержащий книгу другого цвета или лишние элементы, будет семантически неточным. Эксперты сверяют итоговое изображение с исходным запросом, проверяя присутствие необходимых объектов и отсутствие неверных деталей. В исследованиях качества ИИ-контента данная характеристика выделяется как репрезентативность – насколько хорошо изображение соответствует описанию. Пользователи, со своей стороны, оценивают, оправдались ли их ожидания: соответствует ли картинка задуманному образу. Отмечено, что сгенерированные нейросетью изображения могут быть визуально привлекательными, но при этом не соответствовать замыслу или реальному смыслу запроса, поэтому семантическая точность – необходимый аспект оценки.

Пригодность к использованию. Практическая применимость и уместность результата для конкретной задачи дизайна. Изображение должно удовлетворять требованиям использования: для логотипа – быть масштабируемым, универсальным, практичным в производстве. Для фонового изображения – не мешать читаемости текста поверх него, соответствовать атмосфере проекта. Для иллюстрации – вписываться в стилистику бренда или публикации. Пользовательская оценка (оценка заказчика) здесь сводится к вопросу: «Хочу ли я / могу ли я реально использовать эту работу в своем проекте?» – подходит ли она по формату, стилю, настроению. Экспертная же подразумевает сверку с техническим заданием: удовлетворяет ли файл требованиям по формату и разрешению, соблюдены ли все гайдлайны, нет ли препятствий для дальнейшего применения. Иными словами, хороший дизайн должен быть не только эстетически привлекательным, но и уместным и функционально пригодным для заявленной цели.

Теперь рассмотрим технические критерии.

Детализация. Степень прорисовки мелких деталей и общая резкость изображения. Качественный результат не содержит размытых участков или недоработанных фрагментов; при увеличении видны необходимые детали. Зрители очень чувствительны к четкости – недостаточная резкость сразу снижает воспринимаемое качество. Пользователь чаще всего оценивает детализацию подсознательно как общее ощущение «четкости» или «мыльности» картинки. Эксперт же целенаправленно проверяет важные элементы: удобочитаемость, прорисовку контуров, отсутствие размытия на границах объектов. В иллюстрациях с множеством объектов высокая детализация делает изображение более профессиональным; в то же время для минималистичного логотипа чрезмерная детализация не нужна, важно лишь отсутствие артефактов и ровные края.

Цвет. Качество цветопередачи и цветовая гармония. Генерированное изображение должно иметь корректные цвета, соответствующие задумке: без неожиданных искажений и с приятным сочетанием цветов между собой. Человек легко замечает отклонения в точности цвета, поэтому, например, если был задан фирменный цвет бренда, он должен сохраниться. Пользовательская оценка цвета выражается в эмоциональной реакции на палитру: нравится ли цветовая гамма, не режет ли глаз. Экспертная оценка включает технические аспекты: соответствие цветов референсам или стандартам RGB/CMYK, применяемым для печати, отсутствие цветового шума, достаточная насыщенность и контрастность.

Артефакты. Наличие либо отсутствие артефактов генерации – визуальных дефектов и искажений, появившихся в результате работы алгоритма. К ним относятся неверно сгенерированные или искаженные части объектов, «лишние» фрагменты, цифровой шум, нарушения целостности линий, неестественные сочетания: например, фрагмент текста вместо узора или диссонанс перспективы. Такие дефекты часто встречались у ранних моделей и сразу выдают некачественную генерацию. Пользователь обычно сразу заметит бросающиеся в глаза артефакты, а эксперт проведет детальный осмотр: нет ли небольших искажений текстур, плавны ли градиенты, корректно ли выглядят мелкие детали вблизи. Отсутствие видимых артефактов является минимальным требованием технического качества изображения. Если же модель систематически оставляет дефекты на изображениях, как пример – дополнительные пальцы у генерируемых людей, некорректные отражения и т. п., то такие результаты требуют пост-обработки и снижают доверие пользователей и оценку экспертов.

Разрешение. Размер выходного изображения в пикселах и степень детализации, обусловленная этим размером. Высокое разрешение важно для того, чтобы использовать резуль-

тат в профессиональных целях без потери качества – например, печати на крупном формате или отображения на экранах высокого разрешения. Эксперты обычно задают минимальные требования, например для полиграфии это 300 dpi, и проверяют, соответствует ли файл этим нормам. Пользователь же примет во внимание разрешение, если при использовании изображение выглядит пикселизированным или размытым. Исследователи отмечают разрешение как один из ключевых объективных показателей качества ИИ-сгенерированных изображений. Таким образом, генератор должен либо сразу выдавать достаточное разрешение, либо иметь возможность его повысить, чтобы дизайн был пригоден к применению.

И наконец, критерии удобства использования (процесса генерации).

Удобство промпта. Под промптом (от англ. *prompt* – запрос, подсказка) понимается текстовое описание, которое пользователь вводит в генеративную модель для получения изображения. Идеальная ситуация, когда достаточно сформулировать свою задумку обычными словами и модель правильно ее «понимает». Если же приходится подбирать специфические ключевые слова, изучать документацию по структуре запроса или многократно переформулировать текст, это снижает удобство. Данный критерий в основном оценивается самими пользователями: было ли им интуитивно понятно, что и как писать модели, и удалось ли достичь желаемого результата без длительного обучения новым навыкам. На удобство влияют и интерфейсные решения: например, встроенные подсказки или готовые шаблоны запросов значительно упрощают работу. В практических рекомендациях по выбору генератора изображений подчеркивается, что простота использования является одним из ключевых факторов для пользователя, наряду с качеством финального изображения [6].

Настройки и гибкость. Возможности тонкой настройки параметров генерации и управление стилем/вариациями результата. Сюда относится набор доступных опций и удобство их использования: например, выбор художественного стиля или модели, соотношение сторон изображения, степень детализации или «творчества» модели, фиксация случайного сида для повторяемости результата, загрузка референсного изображения и пр. Широкий набор настроек повышает контролируемость и позволяет добиваться нужного качества, однако избыточная сложность может отпугнуть новичков – важно равновесие. Пользовательская оценка здесь: ощущает ли человек, что у него достаточно средств влиять на итоговый результат или хотя бы есть предустановленные стили/фильтры для выбора. Экспертная оценка: полнота функционала и UX-настроек – проверяется, может ли опытный дизайнер при необходимости добиться через параметры нужного эффекта, понятны ли настройки интуитивно. Практика показывает, что профессиональные дизайнеры требуют расширенной кастомизации, тогда как для простых случаев достаточно минимального интерфейса.

Управляемость. Степень контроля над ходом генерации и предсказуемость результатов. Этот критерий отражает, насколько легко пользователю направлять модель к желаемому исходу. Высокая управляемость означает, что пользователь с помощью доступных средств, таких как корректировка промпта, выбор из нескольких сгенерированных вариантов, дополнительные инструменты, вроде локальной генерации или расширения изображения и т. д., практически гарантированно может получить нужный ему вариант дизайна за разумное число итераций. Низкая управляемость, когда результаты случайны или сильно отклоняются от ожиданий, несмотря на усилия пользователя, что приводит к большому числу проб и ошибок. Оценивать управляемость можно как субъективно (ощущение контроля у пользователя), так и объективно (фиксируя, сколько попыток/итераций потребовалось, чтобы добиться приемлемого результата). Эксперт при анализе обращает внимание, предоставляет ли система средства для влияния на генерацию, такие как настройки степени случайности, возможность исправлять частично результат и т. д., и насколько точно модель следует заданию. Совместное творчество человека и ИИ требует, чтобы дизайнер ощущал себя соавтором, а не пассивным наблюдателем, поэтому управляемость становится важным показателем качества взаимодействия.

Скорость отклика. Быстродействие модели – время, за которое генерируется изображение, и общее ощущение оперативности процесса. В контексте дизайна скорость напрямую влияет на опыт: если результаты появляются практически сразу (через секунды), это позволяет интерактивно экспериментировать, быстро перебрать варианты; долгие ожидания могут сбивать творческий настрой. Пользователи оценивают скорость субъективно: насколько их устраивает время ожидания ответа модели, не раздражает ли задержка. Эксперты могут измерять среднее время генерации и учитывать это

при выборе инструмента для рабочих процессов с жесткими дедлайнами. В обзорах ИИ-инструментов профессионалы отмечают высокую скорость генерации как существенное преимущество – например, дизайнер Сара Джонсон выделила быстроту работы и эффективность как сильную сторону при работе с DALL-E [7]. Если же для получения качественного изображения требуется очень много времени или ручная доработка, такой инструмент будет считаться менее удобным для практического применения.

Для дальнейшего удобства использования все критерии были собраны в одну сводную таблицу, обобщающую основные критерии качества изображения и удобства генерации, с указанием того, на что обращают внимание пользователи и эксперты (табл.).

Таблица

Сводная таблица критериев

Критерий	Что оценивается	Пользователь (восприятие)	Эксперт (оценка)
Эстетика	Визуальная привлекательность (красота, стиль)	Нравится ли изображение, приятно ли смотреть	Соответствие принципам дизайна, цветовая гармония, баланс
Оригинальность	Уникальность и новизна идеи и исполнения	Выделяется среди других, запоминается	Нет ли шаблонности или явных заимствований
Композиция	Размещение элементов, визуальный баланс, фокус	Понятно, что главное; нет перегрузки	Корректна ли компоновка (баланс, пропорции, выравнивание)
Читаемость	Ясность смысла, разборчивость текста/образов	Сразу понятен замысел; текст легко читается	Разборчивость шрифта, контраст; узнаваемость символов
Семантическая точность	Соответствие результата заданной идее/промпту	Итог совпадает с задумкой пользователя	Полнота и точность содержания относительно технического задания/промпта
Пригодность	Практическое применение: формат, масштабируемость, уместность	Будет ли использоваться в проекте; соответствует контексту	Соответствие требованиям задачи (размер, формат, стиль); универсальность использования
Детализация	Четкость мелких деталей, отсутствие размытия	Картинка не кажется размытой или нечеткой	Качество прорисовки деталей, резкость при увеличении
Цвет	Точность цветопередачи, гармоничность палитры	Приятна ли цветовая гамма; нет странных оттенков	Соответствие цветов задумке/бренду; отсутствие цветовых искажений
Артефакты	Визуальные дефекты и искажения генерации	Не заметны на глаз артефакты (ошибки, «глюки»)	Наличие даже мелких артефактов, снижающих качество
Разрешение	Размер изображения, четкость в требуемом масштабе	Нет пикселизации; достаточное разрешение	Соответствие требуемым пикселам / dpi для носителя
Удобство промпта	Простота формулирования текстового запроса	Легко ли описать желаемый результат словами	Оценивается по опыту пользователя
Настройки	Гибкость и простота настройки параметров генерации	Понятен ли интерфейс; достаточно ли опций	Полнота функционала для тонкой настройки результата
Управляемость	Контроль над процессом и предсказуемость результата	Легко ли добиться желаемого (сколько попыток нужно)	Степень контроля над генерацией; стабильность выполнения задания
Скорость	Время отклика модели, быстрота получения результата	Приходится ли долго ждать; комфортна ли скорость	Быстродействие системы; влияние задержки на рабочий процесс

ВЫВОДЫ

Данное исследование помогло систематизировать и структурировать критерии оценки генерации изображений с использованием ИИ-моделей. В отличие от многих технически ориентированных подходов, акцент в данной работе сделан на сочетании визуального результата и удобства взаимодействия с моделью, что особенно важно в профессиональной дизайнерской практике, где ценится не только качество изображения, но и эффективность процесса его получения.

Анализ охватил широкий спектр критериев и учитывает как восприятие со стороны конечных пользователей, так и мнение экспертов, обладающих профессиональным опытом в области графического дизайна. Это позволило выявить, что сильные стороны разных генеративных моделей могут проявляться в зависимости от типа задачи: одни алгоритмы обеспечивают выразительный художественный стиль, другие – точное соответствие промпту, а третьи – максимальное удобство и скорость.

Созданная в ходе работы таблица критериев может помочь провести систематическую оценку генеративных моделей. Каждый критерий может быть измерен количественно или описательно. Важным является то, что учитываются

оба аспекта: и качество визуального результата, и удобство взаимодействия с ИИ. Подобный подход, опирающийся на практики UX-анализа и принципы графического дизайна, позволяет выявить сильные и слабые стороны генераторов изображений и определить, насколько эффективно и удобно они помогают решать творческие задачи. Такой двусторонний разбор обеспечивает более объективную и всестороннюю оценку, необходимую для выбора лучших инструментов и повышения качества проектов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методов автоматизированной оценки качества генерации, уточнением весов отдельных критериев в зависимости от контекста задачи, а также с тестированием новых моделей в условиях реальных дизайнерских проектов. Кроме того, развитие мультимодальных ИИ-систем, объединяющих генерацию изображений, текста и пользовательский интерфейс, требует переосмысления принципов взаимодействия между человеком и машиной.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ лучших сервисов ИИ для генерации контента // Megagroup : [сайт]. [2023]. URL: https://megagroup.ru/post/podklyuchenie-ii (дата обращения: 27.02.2025).
2. Сравнения ИИ в 2024 году // vc.ru : [сайт]. [2024]. URL: https://vc.ru/ai/1440756-cravneniya-ii-v-2024-godu-midjourney-vs-flux-vs-dall-e-vs-adobe-firefly-vs-stable-diffusion-prodolzhenie (дата обращения: 01.03.2025).
3. Дрюкова А. Э., Мильчакова Н. Е., Дрюков М. В. Использование нейронных сетей в индустриальном дизайне // Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 2. С. 24–29.
4. Мочалова Л. В., Мамедова И. Ю. Методика оценки типографики и дизайна мобильных интерфейсов // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 44–50.
5. Галанин С. И., Сильянова Е. А. Эволюция дизайна в стилистике модерна // Дизайн. Материалы. Технология. 2019. № 1. С. 10–14.
6. Фостер Д. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей. СПб. : Питер, 2020. 336 с.
7. Генераторы изображений на базе ИИ в 2024 году: экспертная оценка и рейтинг // Quick Creator : сайт. [2024]. URL: https://quickcreator.io/blog/2024-ai-image-generators-expert-reviews-rankings (дата обращения: 10.02.2025).

REFERENCES

1. Analysis of the Best AI Services for Content Generation*. Megagroup: [website]. 2023. URL: https://megagroup.ru/post/podklyuchenie-ii (accessed 27.02.2025). (In Russ.)
2. AI Comparison in 2024*. vc.ru: [website]. 2024. URL: https://vc.ru/ai/1440756-cravneniya-ii-v-2024-godu-midjourney-vs-flux-vs-dall-e-vs-adobe-firefly-vs-stable-diffusion-prodolzhenie (accessed 01.03.2025). (In Russ.)
3. Driukova A. E., Milchakova N. E., Driukov M. V. The use of neural networks in industrial design. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2022;2:24–29. (In Russ.)
4. Mochalova L. V., Mamedova I. Yu. Methodology for evaluating the typography and design of mobile interfaces. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):44–50. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Silyanova E. A. Evolution of Design in the Art Nouveau Style* *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2019;1:10–14. (In Russ.)
6. Foster D. Generative Deep Learning: The creative potential of neural networks. Saint Petersburg, Piter Publ., 2020. 336 p. (In Russ.)
7. AI Image Generators: Expert Reviews and Rankings. QuickCreator: [website]. 2024. URL: https://quickcreator.io/blog/2024-ai-image-generators-expert-reviews-rankings (accessed 10.02.2025).

Статья поступила в редакцию 23.04.2025
Принята к публикации 20.05.2025

* Перевод названия источника выполнен авторами статьи / *Translated by author's of the article*

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 интерал – 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 удается 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.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2025 – № 2(68)

ИЮНЬ

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

Издательско-полиграфический отдел
Костромского государственного университета

Подписано в печать 20.06.2025. Дата выхода в свет 09.09.2025. Формат бумаги 60×90 1/8.
Печать трафаретная. Печ. л. 11,5. Заказ 76. 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