

КГУ

Костромской
государственный
университет

ISSN 2587-6147

16+



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2(72)
2026



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2026

№ 2(72)

ИЮНЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

2026

No 2(72)

JUNE

Реферируемое издание ВИНТИ Российской академии наук

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

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий (Перечень ВАК),

в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук
по следующим отраслям:

2.6.16. Технология производства изделий текстильной
и легкой промышленности (технические науки),

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА
кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственный университет
МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ
доктор технических наук, доцент,
Костромской государственный университет
ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА
доктор технических наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Зарубежные члены редакционной коллегии
ВЕЙЛИН СЮ

профессор, Уханьский текстильный университет
(Китайская Народная Республика)

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

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

EDITORIAL BOARD STAFF:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EVGENIY YAKOVLEVICH SURZHENKO
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Saint-Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design

YURIY STEPANOVICH SHUSTOV
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kosygin State University of Russia
(Technologies. Design. Art)

Foreign members of the Editorial Board
WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University
(China)

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Жуковская Т. В.

Трибологические характеристики материалов
внутренней поверхности обуви
как фактор функциональной эффективности
плантарного апоневроза.....5

**Кондратьева Е. П., Иванова В. А.,
Рудовский П. Н.**

Показатели качества средств индивидуальной
защиты от падения с высоты
на основе анализа
удовлетворенности потребителей.....13

Пашин Е. Л., Орлов А. В., Смирнов М. А.

Влияние величины отступа от зажима бородки
и численности волокон в ней
на их расчетную длину
по методу HVI18

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

Совершенствование номенклатуры показателей
качества овчинных полуфабрикатов
как фактор формирования качества товара.....25

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Севостьянов П. А., Самойлова Т. А.,
Бурдин И. М.**

Компьютерное моделирование
динамики раздираания склеенного
многослойного полотна32

Шустов Ю. С., Зиновьев Т. В., Зиновьев В. П.

Аналитическое исследование
зависимости объемной плотности
одиночной пряжи от коэффициента крутки
для создания математической модели.....38

**Рудовский П. Н., Смирнова С. Г.,
Смирнов А. Ю.**

Компостируемые композиты
из натуральных волокон
с глютеиновой матрицей.....44

CONTENTS

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

Zhukovskaya T. V.

Tribological characteristics
of inner footwear surface materials
as a factor of plantar aponeurosis functional
efficiency5

**Kondratyeva E. P., Ivanova V. A.,
Rudovsky P. N.**

Quality indicators
for personal fall protection
equipment based
on consumer satisfaction analysis13

Pashin E. L., Orlov A. V., Smirnov M. A.

The effect of the indentation from the clamp
of the bit and the number of fibres
in it on their estimated length according
to the HVI method.....18

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

Improving the nomenclature of quality indicators
of sheepskin semi-finished products as a factor
in forming the quality of goods25

TECHNOLOGY OF TEXTILE PRODUCTS AND LIGHT INDUSTRY

**Sevostyanov P. A., Samoilova T. A.,
Burdin I. M.**

Computer simulation
of the dynamics of tearing
of glued multilayer fabric.....32

Shustov Yu. S., Zinoviev T. V., Zinoviev V. P.

Analytical study
of the dependence of the volume density
of a single yarn on the twist coefficient to create
a mathematical model.....38

**Rudovsky P. N., Smirnova S. G.,
Smirnov A. Yu.**

Compostable composites
from natural fibers
with gluten matrix44

ДИЗАЙН

**Галанин С. И., Шорохов С. А., Сильянов О. А.,
Макарычева В. Д., Тюрина Д. А.**

Дизайн и особенности изготовления
литых ювелирных изделий
с рельефной поверхностью52

Лужников М. В., Макарова Т. Л.

Символы флоры в ювелирных изделиях
современной России62

Топчий К. В., Зябнева О. А.

Визуальное увеличение вставки
в ювелирном дизайне
с использованием оптических иллюзий70

**Лебедева Т. В., Галанин С. И.,
Романовская В. С., Трошина О. А.**

Формирование живописных изображений
сухой порошковой эмалью на поверхности
ювелирно-художественных изделий75

Румянцева Д. А.

Использование камней
в религиозном ювелирном искусстве:
технологии, способы обработки86

**Медведева О. Н., Заева Н. А.,
Безденежных А. Г.**

Развитие графических навыков
ювелирного рисунка
на начальных этапах обучения
дизайнера-ювелира94

ТРЕБОВАНИЯ

К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ 101

DESIGN

**Galanin S. I., Shorokhov S. A., Silyanov A. O.,
Makarycheva V. D., Tyurina D. A.**

Design and features
of manufacturing cast jewellery with
a relief surface52

Luzhnikov M. V., Makarova T. L.

Flora symbols
in modern Russian jewellery62

Topchiy K. V., Zyabneva O. A.

Visual magnification
of inserts in jewellery design
using optical illusions70

**Lebedeva T. V., Galanin S. I.,
Romanovskaya V. S., Troshina O. A.**

Formation of pictorial images
with dry powder enamel on the surface
of jewellery and art products75

Rumyantseva D. A.

The use of gemstones
in religious jewellery:
technologies, processing methods86

**Medvedeva O. N., Zaeva N. A.,
Bezdenzhnykh A. G.**

Development of jewellery
drawing skills
at the initial stages
of training a jeweller designer94

REQUIREMENTS

TO REGISTRATION OF ARTICLE 101

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 685.34.04

EDN KEUGHS

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-5-12>

Татьяна Владимировна Жуковская

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

zhukovskayatv@corp.knrtu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4006-6691>

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОБУВИ КАК ФАКТОР ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНТАРНОГО АПОНЕВРОЗА

Аннотация. В статье приведено обоснование целевых интервалов статического и динамического коэффициентов трения в системе «внутренняя поверхность обуви – чулочно-носочное изделие – стопа», обеспечивающих функциональную эффективность стопы при ходьбе и сохранение эффективной работы плантарного апоневроза. Статические и динамические коэффициенты трения определяли экспериментально при естественной влажности кожи с применением универсального трибологического прибора. Расчетное обоснование выполнено на основе модели Амонтона – Кулона с физической интерпретацией трения как суммы адгезионной и деформационной составляющих. Установлено, что значения коэффициента трения существенно зависят от волокнистого состава чулочно-носочного изделия и типа материала внутренней поверхности обуви. Введение промежуточного текстильного слоя принципиально изменяет трибологический режим контакта и распределение касательных напряжений. На основе расчетного анализа определены минимально допустимые и функционально целесообразные значения коэффициента трения для пяточной и носочно-пучковой областей стопы.

Ключевые слова: стопа, обувь, материалы внутренней поверхности обуви, коэффициент трения, трибологические характеристики, плантарный апоневроз, внутриобувное проскальзывание

Благодарности: работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ (соглашение №10/2025-ПД-КНИТУ от 22.12.2025).

Для цитирования: Жуковская Т. В. Трибологические характеристики материалов внутренней поверхности обуви как фактор функциональной эффективности плантарного апоневроза // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 5–12. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-5-12>.

Original article

Tatiana V. Zhukovskaya

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INNER FOOTWEAR SURFACE MATERIALS AS A FACTOR OF PLANTAR APONEUROSIS FUNCTIONAL EFFICIENCY

Abstract. To substantiate target ranges of static and dynamic coefficients of friction in the system “footwear inner surface – hosiery – foot” ensuring functional efficiency of the foot during walking and preservation of plantar aponeurosis performance. Static and dynamic coefficients of friction were determined experimentally

under conditions of natural skin moisture using a universal tribological tester. The computational substantiation was performed based on Amontons-Coulomb model with physical interpretation of friction as a combination of adhesive and deformation components. It was established that the coefficient of friction strongly depends on the fibre composition of hosiery and on the type of material used for footwear inner surface. The introduction of an intermediate textile layer fundamentally alters the tribological contact regime and the distribution of tangential stresses. Based on the computational analysis, minimum admissible and functionally reasonable values of the coefficient of friction were determined for the heel and forefoot regions of the said organ.

Keywords: foot, shoes, shoe inner surface materials, coefficient of friction, tribological characteristics, plantar aponeurosis, footwear slipping motion

Acknowledgements: the work is carried out using the grant provided by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, scientific and other organisations to support plans for human resources development in terms of stimulating their scientific and scientific-pedagogic workers to defend doctoral theses and to carry out scientific research work (agreement No 10/2025-ПД-КНИТУ as of Dec. 22, 2025).

For citation: Zhukovskaya T. V. Tribological characteristics of inner footwear surface materials as a factor of plantar aponeurosis functional efficiency. *Technologies & Quality*. 2026. No 2(72). P. 5–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-5-12>.

Внутриобувное взаимодействие стопы с элементами обуви представляет собой сложный многофакторный процесс, в котором механические, в том числе трибологические характеристики материалов [1–4] напрямую влияют на устойчивость, кинематику переката и распределение нагрузок в фазах ходьбы. Одним из ключевых параметров, определяющих условия этого взаимодействия, является коэффициент трения в системе «внутренняя поверхность обуви – чулочно-носочное изделие – стопа» [5–8].

В большинстве существующих исследований коэффициент трения в данной системе рассматривается преимущественно с точки зрения профилактики повреждений кожи стопы, таких как потертости, мозоли и натоптыши [9]. При этом существенно меньшее внимание уделяется его роли как функционального параметра, определяющего условия передачи мышечных усилий, характер микроскольжения (фреттинг-явление) и деформаций мягких тканей, а также эффективность работы стопы, обеспечивающих ее опорную и рессорную функции [10, 11].

Особое значение в этом контексте приобретает плантарный апоневроз (подошвенная фасция из плотной соединительной ткани) [12, 13], играющий ключевую роль в поддержании сводчатого строения стопы и реализации так называемого механизма лебедки (windlass) в фазе отталкивания [14]. Изменение условий трения в контакте «стопа – обувь» влияет на величину касательных напряжений в плантарной части стопы, кинематику переката и, как следствие, на функциональную эффективность данного механизма. Таким образом, как недостаточное сцепление со стелькой, приводящее

к внутриобувному проскальзыванию, так и избыточное трение, вызывающее рост сдвиговых нагрузок, могут рассматриваться как факторы функционального риска.

Дополнительную сложность формированию рациональных трибологических характеристик придает наличие промежуточного текстильного слоя – чулочно-носочного изделия (ЧНИ) [15], которое принципиально изменяет режим трения, соотношение адгезионной и деформационной составляющих, а также микроклимат в зоне контакта кожи стопы с материалами внутренней поверхности обуви (ВПО) [16]. В этой связи коэффициент трения в системе «ВПО – ЧНИ – стопа» целесообразно рассматривать как эффективный параметр граничных условий, подлежащий целенаправленному исследованию и в перспективе управляемому изменению.

Целью настоящего исследования является обоснование целевых интервалов статического и динамического коэффициентов трения в системе «ВПО – ЧНИ – стопа», обеспечивающих компромисс между устойчивостью опоры, предотвращением внутриобувного проскальзывания и ограничением избыточных касательных напряжений в плантарной области стопы при ходьбе. Для достижения поставленной цели выполнено экспериментальное определение коэффициентов трения для характерных пар материалов, проведен расчетный анализ напряженного состояния в зоне контакта с учетом механизма работы плантарного апоневроза и сформулированы функционально обоснованные проектные интервалы коэффициентов пар трения материалов ВПО.

Полученные результаты создают основу для разработки конструктивных и технологических решений, направленных на подбор материалов ВПО с заданными трибологическими характеристиками, а также открывают возможность их целенаправленной поверхностной модификации с учетом функциональных требований к условиям их взаимодействия.

Объектом исследования является трибологическая система «ВПО – ЧНИ – стопа», в рамках которой анализировались характеристики трения при внутриобувном взаимодействии в условиях ходьбы. В качестве материалов внутренней поверхности обуви использовались подкладочные кожи из шкур свиньи, козы, овцы и крупного рогатого скота (КРС), а также подкладочный спилкок и текстильные материалы (байка различной плотности, войлок стелечный, подкладочный мех из шкуры овчины). В качестве чулочно-носочных изделий применялись изделия из трикотажных полотен различного волокнистого состава и поверхностной плотности: полиамидные (п/а), хлопчатобумажные (х/б) и смесовые. В качестве биологического контртела рассматривалась кожа плантарной поверхности стопы, модельным дублером которой выбрана парная свиная шкура [17, 18].

Отбор материалов осуществляли с учетом их практического применения в конструкции обуви и гигиенических требований, предъявляемых к изделиям, контактирующим с кожей стопы.

Самым простым, менее затратным и давно известным способом определения коэффициента трения материалов легкой промышленности является метод наклонной плоскости [19], для автоматизации и повышения точности измерения указанного параметра предлагаются новые способы [20].

Определение статического ($\mu_{\text{стат}}$) и динамического ($\mu_{\text{дин}}$) коэффициентов трения проводили с использованием универсального трибологического прибора MXD-02, предназначенного для измерения коэффициентов трения материалов различной природы, включая кожаные и текстильные материалы, в соответствии со стандартом испытания ISO 8295:2004.

Измерения осуществляли по стандартной схеме скольжения блока по поверхности испытываемого образца при заданной нормальной нагрузке и постоянной скорости перемещения. Статический коэффициент трения определяли по максимальному значению силы трения в момент начала движения блока, динамический – по установившемуся значению силы трения в режиме равномерного скольжения.

Испытания проводили при нагрузке до 5 Н с использованием стандартного блока массой 200 г. Скорость перемещения траверсы составляла 100 мм/мин (по ISO 8295:2004). Погрешность измерений не превышала $\pm 0,5\%$ от измеренного значения. Эксперименты выполняли при нормальных условиях окружающей среды. Перед испытаниями образцы кондиционировали в указанных условиях не менее 24 ч.

Измерения проводили для пар трения «кожа стопы – ЧНИ», «ЧНИ – ВПО» и «кожа стопы – ВПО». Полученные значения $\mu_{\text{стат}}$ и $\mu_{\text{дин}}$ использовались в качестве исходных данных для формирования граничных условий расчетной модели.

Для расчетного анализа использовалась модель Амонтона – Кулона [21], обеспечивающая корректное описание режима предельного трения и стандартную реализацию в вычислительных пакетах. При этом для физической интерпретации результатов применялась двухкомпонентная трактовка трения [22], учитывающая адгезионную и деформационную составляющие, что является более адекватным для мягких биологических тканей и волокнистых материалов легкой промышленности [23].

Расчеты выполняли для условий ходьбы по ровной поверхности со скоростью 3,5 км/ч для человека массой тела 75 кг и размером обуви 38 (245 мм). Площади контакта пяточной и носочно-пучковой частей стопы определяли по плантограммам и принимали равными 518 и 698 см² соответственно. Полная вертикальная нагрузка на плантарную поверхность стопы составляла 735 Н и распределялась между пяточной и носочно-пучковой зонами в соотношении, принятом равным 1,6 [24].

Для каждой зоны рассчитывали контактное давление, касательную силу и среднее касательное напряжение. Минимально допустимые значения коэффициента трения определяли из условия отсутствия проскальзывания $\tau \leq \mu P$. Для формирования проектных целевых интервалов μ дополнительно вводили функциональный критерий ограничения средних касательных напряжений в зоне контакта.

В качестве базового режима внутриобувного взаимодействия рассматривалось состояние естественной влажности кожи стопы, соответствующее нормальным условиям эксплуатации обуви без искусственного высушивания и без внешнего смачивания. Режимы повышенной гидратации и наличия жидкостной пленки рассматривались как сценарии чувствительности и использовались для качественной оценки устойчивости полученных выводов.

В результате экспериментального определения коэффициентов статического и динамического трения для материалов системы «ВПО – ЧНИ – стопа» установлено, что при естественной влажности кожи значения μ существенно зависят от волокнистого состава чулочно-носочного изделия и типа материала внутренней

поверхности обуви. Полученные данные (табл.) подтверждают, что введение промежуточного текстильного слоя принципиально изменяет трибологический режим контакта по сравнению с прямым взаимодействием кожи стопы и материала подкладки.

Т а б л и ц а

Определение статического и динамического коэффициентов трения материалов системы «ВПО – ЧНИ – стопа»

Первый элемент пары трения	Второй элемент пары трения	$\mu_{\text{стат}}$	$\mu_{\text{дин}}$
Кожа стопы	Трикотаж п/а, 40 г/м ²	0,24	0,18
	Трикотаж х/б, 140 г/м ²	0,52	0,48
	Трикотаж х/б + п/а, 180 г/м ²	0,50	0,48
	Трикотаж шерсть + п/а, 210 г/м ²	0,58	0,53
	Кожа подкладочная (свиная)	0,45	0,42
	Кожа подкладочная (коза)	0,47	0,43
	Кожа подкладочная (овечья)	0,65	0,61
	Кожа подкладочная (КРС)	0,62	0,58
	Кожа подкладочная (спилок)	0,88	0,85
Трикотаж п/а, 40 г/м ²	Кожа подкладочная (свиная)	0,28	0,26
	Кожа подкладочная (коза)	0,33	0,30
	Кожа подкладочная (овечья)	0,38	0,32
	Кожа подкладочная (КРС)	0,34	0,32
	Кожа подкладочная (спилок)	0,75	0,71
	Байка легкая, х/б, 200 г/м ²	0,78	0,75
	Байка суровая, 300 г/м ²	0,82	0,79
	Войлок стелечный, 900 г/м ²	0,92	0,88
	Мех подкладочный, овчина	0,42	0,38
Трикотаж х/б, 140 г/м ²	Кожа подкладочная (свиная)	0,30	0,28
	Кожа подкладочная (коза)	0,37	0,34
	Кожа подкладочная (овечья)	0,40	0,37
	Кожа подкладочная (КРС)	0,42	0,38
	Кожа подкладочная (спилок)	0,82	0,79
	Байка легкая, х/б, 200 г/м ²	0,78	0,75
	Байка суровая, 300 г/м ²	0,80	0,78
	Войлок стелечный, 900 г/м ²	0,88	0,88
	Мех подкладочный (овчина)	0,40	0,36
Трикотаж х/б + п/а, 180 г/м ²	Байка легкая, х/б, 200 г/м ²	0,78	0,75
	Байка суровая, 300 г/м ²	0,82	0,80
	Войлок стелечный, 900 г/м ²	0,95	0,92
	Мех подкладочный, (овчина)	0,38	0,36
Трикотаж шерсть + п/а, 210 г/м ²	Байка легкая, х/б, 200 г/м ²	0,86	0,82
	Байка суровая, 300 г/м ²	0,98	0,93
	Войлок стелечный, 900 г/м ²	1,25	1,10
	Мех подкладочный (овчина)	0,56	0,52

Для контакта «кожа стопы – ЧНИ» минимальные значения $\mu_{\text{стат}}$ и $\mu_{\text{дин}}$ характерны для тонкого полиамидного (п/а) трикотажа, что указывает на снижение адгезионной составляющей трения и уменьшение сопротивления относительным микросдвигам. Хлопчатобумажные (х/б) и шерстяные трикотажные полотна, напротив, обеспечивают более высокий уровень сцепления, обусловленный как повышенной реальной площадью контакта, так и возрастанием деформационного вклада вследствие большей сжимаемости волокнистой структуры.

В паре «ЧНИ – ВПО» наибольшие значения коэффициента трения наблюдаются при взаимодействии с ворсистыми и объемными

материалами (байка, войлок), а также со спилком. Это свидетельствует о доминировании деформационной составляющей трения и росте площади микроконтактов при контактном давлении, характерном для условий ходьбы. В то же время подкладочный мех из шкуры овчины демонстрирует более низкие значения μ , что, вероятно, связано с наличием мягкого и относительно длинного ворса, способного частично перераспределять касательные напряжения и снижать эффективное сцепление.

Для количественного обоснования целевых значений коэффициента трения выполнен расчет напряженного состояния в контакте «стопа – стелька» с учетом особенностей рабо-

ты плантарного апоневроза. При выбранных параметрах движения (скорость 3,5 км/ч, масса тела 75 кг) и распределении нагрузки между пяточной и носочно-пучковой областями установлено, что минимально допустимые значения коэффициента трения, определяемые из условия отсутствия проскальзывания ($\tau \leq \mu P$), составляют $\mu_{\text{нпч min}} = 0,21$ и $\mu_{\text{пч min}} = 0,29$. Эти значения характеризуют лишь нижнюю границу сцепления и не могут рассматриваться как проектные, поскольку не учитывают влияние избыточных касательных напряжений на функциональное состояние мягких тканей стопы.

Для перехода к проектным интервалам введен функциональный критерий ограничения средних касательных напряжений в зоне контакта. В качестве целевых значений для базового внутриобувного взаимодействия приняты интервалы $\tau_{\text{нпч}} = 20...26$ кПа для носочно-пучковой части и $\tau_{\text{пч}} = 30...35$ кПа для пяточной части стопы. Такой выбор обусловлен необходимостью, с одной стороны, обеспечить устойчивость (предотвратить паразитное проскальзывание) пяточной части стопы в фазе ранней опоры, а с другой – ограничить сдвиговые деформации в переднем отделе стопы в фазе отталкивания, где реализуется механизм «лебёдки» (windlass) плантарного апоневроза.

При рассчитанных значениях контактного давления указанные интервалы касательных напряжений соответствуют целевым диапазонам эффективного коэффициента трения $\mu_{\text{нпч эф}} = 0,30...0,40$ и $\mu_{\text{пч эф}} = 0,55...0,65$. Полученные значения отражают компромисс между необходимым сцеплением для предотвращения внутриобувного проскальзывания и ограничением избыточных сдвиговых нагрузок, способных нарушать кинематику переката и снижать функциональную эффективность работы стопы в целом и плантарного апоневроза в частности.

Сопоставление рассчитанных целевых интервалов μ с экспериментальными данными позволяет сформулировать практические рекомендации по зональной коррекции трибологических характеристик материалов ВПО. Для подкладочных кож из шкур свиньи и козы целесообразно повышение коэффициента трения в пяточной части стельки, тогда как для кож из шкур овцы и крупного рогатого скота в летней обуви, предназначенной для ношения без ЧНИ, рекомендуется снижение μ в носочно-пучковой зоне. Для подкладочного спилка, а также для объемных текстильных материалов (байка, войлок) требуется понижающая коррекция коэффициента трения по всей поверхности, особенно

в переднем отделе стельки. Подкладочный мех из шкуры овчины занимает промежуточное положение: при относительно умеренных значениях μ в переднем отделе рационально повышение сцепления в пяточной зоне для снижения риска паразитного проскальзывания стопы.

ВЫВОДЫ

1. В работе обоснована целесообразность рассмотрения коэффициента трения в системе «внутренняя поверхность обуви – чулочно-носочное изделие – стопа» не только как фактора профилактики повреждений кожи, но и как функционального параметра, определяющего условия реализации опорной, рессорной и толчковой функций стопы, а также эффективность работы плантарного апоневроза в фазах опоры и отталкивания при ходьбе.

2. Экспериментально показано, что при естественной влажности кожи значения статического и динамического коэффициентов трения существенно зависят от волокнистого состава чулочно-носочного изделия и типа материала внутренней поверхности обуви. Введение промежуточного текстильного слоя принципиально изменяет трибологический режим контакта за счет перераспределения адгезионной и деформационной составляющих трения.

3. На основе аналитического расчета напряженного состояния в контакте «стопа – ВПО» с учетом особенностей работы плантарного апоневроза установлено, что минимальные значения коэффициента трения, определяемые из условия отсутствия проскальзывания, не могут рассматриваться как проектные, поскольку не учитывают влияние избыточных касательных напряжений на поверхность стопы и кинематику переката.

4. Введен функциональный критерий ограничения средних касательных напряжений в зоне контакта, позволяющий перейти от минимально допустимых значений коэффициента трения к проектным целевым интервалам. Для базового внутриобувного взаимодействия обоснованы целевые диапазоны эффективного коэффициента трения:

- для носочно-пучковой части стопы $\mu_{\text{нпч эф}} = 0,30...0,40$;
- для пяточной части стопы $\mu_{\text{пч эф}} = 0,55...0,65$.

5. Показано, что указанные интервалы обеспечивают компромисс между необходимым сцеплением для стабилизации стопы в фазе ранней опоры, предотвращением внутриобувного проскальзывания и ограничением избыточных сдвиговых нагрузок в переднем отделе стопы в фазе отталкивания, что соответствует услови-

ям сохранения функциональной эффективности плантарного апоневроза при ходьбе.

6. Сопоставление целевых интервалов коэффициента трения с экспериментальными данными позволило сформулировать практические рекомендации по зонированию трибологи-

ческих характеристик материалов внутренней поверхности обуви в зависимости от типа подкладочного материала и условий эксплуатации, что может быть использовано при проектировании обуви различного назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Александров С. П., Жуковская Т. В. Фреттинг в системе стопа – обувь в фазе переднего толчка и конструктивная превентивность // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2013. Т. 21, № 3. С. 64–66.
2. Rushton R., Richie D. Friction blisters of the feet: a new paradigm to explain causation // Journal of Athletic Training. 2024. No. 59(1). P. 1–7.
3. The Effect of Spandex Anti-Friction Pad on Satisfaction, Pain, and Ability of Walking in Transtibial Amputees: A Pilot Study / E. Abolhasani, G. Aminian, R. Baghaei, Z. Jiriaee // Archives of Rehabilitation. 2025. Vol. 26, is. 3. P. 344–359.
4. A review of the plantar pressure distribution effects from insole materials and at different walking speeds / F. Haris, B.-Y. Liao, Y.-K. Jan, V. B. H. Akbari, Y. Primanda, K.-H. Lin, C.-W. Lung // Applied Sciences. 2021. No. 11(24). P. 138–151.
5. Taron D. N., Thurston T. J., Carré M. J. Frictional behavior of running sock textiles against plantar skin // Procedia engineering. 2015. No. 112. P. 110–115.
6. Tribology of the sock-skin interface – the influence of different fabric parameters on sock friction / I. J. DeBois, E. Agarwal, A. Kapoor, K. Mathur // Journal of Foot and Ankle Research. 2022. No. 15(1). P. 61.
7. Effects of midsole hardness on the mechanical response characteristics of the plantar fascia during running / X. Zhu, J. Liu, H. Liu, J. Liu, Y. Yang, H. Wang // Bioengineering. 2023. No. 10(5). 533 p.
8. Srivastava A. K., Rathore J. S., Shrivastava S. Multidimensional outline of experimental techniques for human skin tribology: a scoping review // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C : Journal of Mechanical Engineering Science. 2024. No. 238(10). P. 4253–4269.
9. Rushton R., Richie D. Friction blisters of the feet: a critical assessment of current prevention strategies // Journal of Athletic Training. 2024. No. 59(1). P. 8–21.
10. Temel M., Johnson A. A., Lloyd A. B. Body mapping of skin friction coefficient and tactile perception during the dynamic skin-textile interaction // Ergonomics. 2023. No. 66(10). P. 1449–1464.
11. Kim W., Voloshin A. S. Role of plantar fascia in the load bearing capacity of the human foot // Journal of biomechanics. 1995. No. 28(9). P. 1025–1033.
12. A dynamic model of the windlass mechanism of the foot: evidence for early stance phase preloading of the plantar aponeurosis / P. Caravaggi, T. Pataky, J. Y. Goulermas, R. Savage, R. Crompton // Journal of Experimental Biology. 2009. No. 212(15). P. 2491–2499.
13. Effects of plantar fascia stiffness on the internal mechanics of idiopathic pes cavus by finite element analysis: Implications for metatarsalgia / X. Cen, Y. Song, P. Yu, D. Sun, J. Simon, I. Bíró, Y. Gu // Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2024. No. 27(14). P. 1961–1969.
14. Wang C., Ni P. Plantar pressure measurement systems in sports biomechanics: a review of sensor technologies and applications for performance and injury analysis // Sensor Review. 2026. No. 46(2). P. 186–206.
15. Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention / E. Baussan, M. A. Bueno, R. M. Rossi, S. Derler // Textile Research Journal. 2013. No. 83(8). P. 836–848.
16. Effect of insole and sock materials on walking plantar pressure in diabetic patients / Y. Ch. Tsai, Sh. L. Chang, S. W. Yang, Sh. M. Lai // Journal of Biomechanics. 2007. No. 40(2). P. 448.
17. New methods for evaluating physical and thermal comfort properties of orthotic materials used in insoles for patients with diabetes / W. T. Lo, K. L. Yick, S. P. Ng, J. Yip // Journal of rehabilitation research and development. 2014. No. 51(2). P. 311–324.
18. Mechanical response of pig skin under dynamic tensile loading / J. Lim, J. Hong, W. W. Chen, T. Weerasooriya // International Journal of Impact Engineering. 2011. No. 38(2-3). P. 130–135.
19. Merder T. H. Coefficient of Friction of Fabrics // Journal of Research of the National Bureau of Standards. 1930. No. 5(2). P. 243–249.

20. Лапшин В. В., Замышляева В. В. Автоматизированное устройство для определения тангенциального сопротивления текстильных материалов // Технологии и качество. 2020. № 4(50). С. 3–6.
21. Popova E., Popov V. L. The research works of Coulomb and Amontons and generalized laws of friction // Friction. 2015. No. 3(2). P. 183–190.
22. Bowden F. P., Tabor D. Friction, lubrication and wear: a survey of work during the last decade // British Journal of Applied Physics. 1966. No. 17(12). P. 1521.
23. Tabor D. Friction – the present state of our understanding // Journal of lubrication technology. 1981. No. 103(2). P. 169–179.
24. Hu C., Zhang Y., Gu Y. Longitudinal Plantar Pressure Variation during Gait Throughout Pregnancy // International Conference on Education, Management, Commerce and Society (EMCS-15), January 2015. Zhengzhou : Atlantis Press, 2015. P. 715–718.

REFERENCES

1. Alexandrov S. P., Zhukovskaya T. V. Fretting in the foot – shoe system in the forward thrust phase and constructive prevention. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2013;21(3):64–66. (In Russ.)
2. Rushton R., Richie D. Friction blisters of the feet: a new paradigm to explain causation. *Journal of Athletic Training*. 2024;59(1):1–7.
3. Abolhasani E., Aminian G., Baghaei R., Jiriaiee Z. The Effect of Spandex Anti-Friction Pad on Satisfaction, Pain, and Ability of Walking in Transtibial Amputees: A Pilot Study. *Archives of Rehabilitation*. 2025;26(3):344–359.
4. Haris F., Liao B.-Y., Jan Y.-K., Akbari V. B. H., Primanda Y., Lin K.-H., Lung C.-W. A review of the plantar pressure distribution effects from insole materials and at different walking speeds. *Applied Sciences*. 2021;11(24):138–151.
5. Tasron D. N., Thurston T. J., Carré M. J. Frictional behavior of running sock textiles against plantar skin. *Procedia engineering*. 2015;112:110–115.
6. DeBois I. J., Agarwal E., Kapoor A., Mathur K. Tribology of the sock-skin interface – the influence of different fabric parameters on sock friction. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2022;15(1):61.
7. Zhu X., Liu J., Liu H., Liu J., Yang Y., Wang H. Effects of midsole hardness on the mechanical response characteristics of the plantar fascia during running. *Bioengineering*. 2023;10(5):533.
8. Srivastava A. K., Rathore J. S., Shrivastava S. Multidimensional outline of experimental techniques for human skin tribology: a scoping review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 2024;238(10):4253–4269.
9. Rushton R., Richie D. Friction blisters of the feet: a critical assessment of current prevention strategies. *Journal of Athletic Training*. 2024;59(1):8–21.
10. Temel M., Johnson A. A., Lloyd A. B. Body mapping of skin friction coefficient and tactile perception during the dynamic skin-textile interaction. *Ergonomics*. 2023;66(10):1449–1464.
11. Kim W., Voloshin A. S. Role of plantar fascia in the load bearing capacity of the human foot. *Journal of biomechanics*. 1995;28(9):1025–1033.
12. Caravaggi P., Pataky T., Goulermas J. Y., Savage R., Crompton R. A dynamic model of the windlass mechanism of the foot: evidence for early stance phase preloading of the plantar aponeurosis. *Journal of Experimental Biology*. 2009;212(15):2491–2499.
13. Cen X., Song Y., Yu P., Sun D., Simon J., Bíró I., Gu Y. Effects of plantar fascia stiffness on the internal mechanics of idiopathic pes cavus by finite element analysis: Implications for metatarsalgia. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2024;27(14):1961–1969.
14. Wang C., Ni P. Plantar pressure measurement systems in sports biomechanics: a review of sensor technologies and applications for performance and injury analysis. *Sensor Review*. 2026;46(2):186–206.
15. Baussan E., Bueno M. A., Rossi R. M., Derler S. Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention. *Textile Research Journal*. 2013;83(8):836–848.
16. Tsai Y. Ch., Chang Sh. L., Yang S. W., Lai Sh. M. Effect of insole and sock materials on walking plantar pressure in diabetic patients. *Journal of Biomechanics*. 2007;40(2):448.
17. Lo W. T., Yick K. L., Ng S. P., Yip J. New methods for evaluating physical and thermal comfort properties of orthotic materials used in insoles for patients with diabetes. *Journal of rehabilitation research and development*. 2014;51(2):311–324.

18. Lim J., Hong J., Chen W.W., Weerasooriya T. Mechanical response of pig skin under dynamic tensile loading. *International Journal of Impact Engineering*. 2011;38(2-3):130–135.
19. Merder T. H. Coefficient of Friction of Fabrics. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*. 1930;5(2):243–249.
20. Lapshin V. V., Zamyishlyayeva V. V. Automated device for determining the tangential resistance of textile materials. *Tekhnologii I kachestvo* [Technologies and Quality]. 2020;4(50):3–6. (In Russ.)
21. Popova E., Popov V. L. The research works of Coulomb and Amontons and generalized laws of friction. *Friction*. 2015;3(2):183–190.
22. Bowden F. P., Tabor D. Friction, lubrication and wear: a survey of work during the last decade. *British Journal of Applied Physics*. 1966;17(12):1521.
23. Tabor D. Friction – the present state of our understanding. *Journal of lubrication technology*. 1981;103(2):169–179.
24. Hu C., Zhang Y., Gu Y. Longitudinal Plantar Pressure Variation during Gait Throughout Pregnancy. In: *International Conference on Education, Management, Commerce and Society (EMCS-15)*, January 2015. Zhengzhou, Atlantis Press, 2015. P. 715–718.

Статья поступила в редакцию 02.02.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Т. В. Жуковская, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 614.821.3

EDN LILQTW

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-13-17>

Екатерина Павловна Кондратьева¹

Валерия Анатольевна Иванова²

Павел Николаевич Рудовский³

^{1,2} Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия

³ Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

naryshkinaep@ystu.ru; <https://orcid.org/0009-0002-0496-909X>

ivanovava@ystu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4033-020X>

pavel_rudovsky@mail.ru; orcid.org/0000-0002-8675-2910

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Аннотация. Оценка удовлетворенности потребителя является важной для обеспечения качества и конкурентоспособности продукции на рынке. В работе был использован количественный метод оценки путем анкетирования (опроса) потребителей. Результаты анализа анкетирования позволили определить показатели качества средств индивидуальной защиты от падения с высоты на основе мнения потребителя. Требованиями для средств индивидуальной защиты от падения с высоты установлены: яркий цвет; обеспечение светоотражающими элементами; устойчивость фиксации на теле; надежность фиксаторов крепления; влагостойкость материала, а также сохранение эластичности материала при температурах работы ниже 0 °С. Выявленные потребительские свойства позволят изготовителю повысить качество средств индивидуальной защиты от падения с высоты, а также повысить конкурентоспособность отечественной продукции на российском и мировом рынках.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты от падения с высоты, удовлетворенность потребителей, показатели качества, требования потребителя, анкетирование, метод экспертной оценки, коэффициент весомости

Для цитирования: Кондратьева Е. П., Иванова В. А., Рудовский П. Н. Показатели качества средств индивидуальной защиты от падения с высоты на основе анализа удовлетворенности потребителей // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 13–17. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-13-17>.

Original article

Ekaterina P. Kondratyeva¹

Valeriya A. Ivanova²

Pavel N. Rudovsky³

^{1,2} Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

³ Kostroma State University, Kostroma, Russia

QUALITY INDICATORS FOR PERSONAL FALL PROTECTION EQUIPMENT BASED ON CONSUMER SATISFACTION ANALYSIS

Abstract. Assessing consumer satisfaction is crucial for ensuring product quality and competitiveness in the market. To this end, this study employed a quantitative assessment method based on a consumer survey. The results of the survey analysis made it possible to determine quality indicators for personal fall-protective equipment based on consumer opinions. The requirements for personal fall protection equipment include as follows: bright colour; provision of reflective elements; secure fit on the body; reliability of fasteners; moisture resistance of the material; and maintenance of the material's elasticity at operating temperatures below 0 °C. The identified consumer properties will enable manufacturers to improve the quality of personal fall protection equipment and enhance their competitiveness in the Russian and global markets.

Keywords: *personal fall protection equipment, customer satisfaction, quality indicators, consumer requirements, survey, expert evaluation method, cogency coefficient*

For citation: Kondratyeva E. P., Ivanova V. A., Rudovsky P. N. Quality indicators for personal fall protection equipment based on consumer satisfaction analysis. *Technologies & Quality*. 2026. No 2(72). P. 13–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-13-17>.

На сегодняшний день работы на высоте широко применяют во многих отраслях промышленности: строительство, нефтеперерабатывающая, автомобильная и др. С целью предотвращения несчастного случая при работе на высоте, согласно правилам по охране труда № 782н, средства индивидуальной защиты (далее – СИЗ) от падения с высоты являются обязательными к использованию при выполнении высотных работ [1].

СИЗ от падения с высоты должны соответствовать обязательным требованиям безопасности ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты», при этом с целью повышения качества своей продукции производителю необходимо учитывать потребности и ожидания потребителя. Для этого производитель должен определять и выбирать возможности для улучшения продукции с целью выполнения требований потребителей и повышения степени удовлетворенности. Удовлетворенность потребителей дает изготовителю конкурентные преимущества на российском и международном рынках [2, 3].

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001 анализ удовлетворенности потребителей проводится путем мониторинга данных. Мониторинг данных включает: опрос потребителей, анализ отзывов потребителей, встречи с потребителями с целью получения информации о качестве продукции, анализ рынка СИЗ от падения с высоты, анализ благодарностей, претензии по гарантийным обязательствам и качеству продукции, а также анализ отчетов дилеров [2].

В этой связи для оценки удовлетворенности потребителей СИЗ от падения с высоты были решены следующие задачи:

- исследование проблемы качества СИЗ от падения с высоты;
- проведение интервью (опроса) с респондентами (потребителями);
- разработка вопросов анкеты для потребителя;
- проведение анкетирования потребителей СИЗ от падения с высоты;
- обработка результатов анкетирования;
- выводы и разработка предложений по улучшению СИЗ от падения с высоты.

При проведении опроса респондентами выступили потребители СИЗ от падения с высоты, представители различных отраслей про-

мышленности. Проведенный опрос позволил получить информацию о проблемах использования СИЗ от падения с высоты, потребностях и ожиданиях и разработать вопросы анкеты удовлетворенности потребителей СИЗ от падения с высоты, которые могут использовать предприятия-производители [4, 5].

Анкетирование является наиболее эффективным методом мониторинга и независимой оценки удовлетворенности потребителей [6]. При этом наиболее важным является формулировка вопросов, позволяющая получить необходимую информацию. По результатам разработки анкеты были сформированы 9 вопросов для потребителей (табл. 1) со шкалой для оценки. Шкала представляет собой пятибалльную систему: 5 – высокая степень удовлетворенности; 4 – очень хорошая степень удовлетворенности; 3 – хорошая степень удовлетворенности; 2 – низкая степень удовлетворенности; 1 – неудовлетворенность.

В анкетировании приняли участие потребители телекоммуникационной, строительной, нефтеперерабатывающей, железнодорожной и автомобильной отраслей.

При обработке результатов анкетирования использовали метод экспертной оценки. Экспертное оценивание – это процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения. Применение данного метода позволяет получить объективную информацию об удовлетворенности качеством продукции [7].

По результатам анкетирования сформулированы показатели качества с указанием укрупненных групп (табл. 2) и проведен расчет коэффициентов весомости для каждого показателя. Расчет коэффициента весомости проводился по формуле

$$B_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^N b_{ij}}{N}. \quad (1)$$

Расчет коэффициента конкордации на основе анализа результатов анкетирования потребителей СИЗ от падения с высоты показал высокую степень согласованности экспертов ($W = 0,9$).

Диаграмма удовлетворенности потребителей СИЗ от падения с высоты (рис. 1) показала, что потребители выражают наибольшее недовольство цветом (недостаточно яркий, невозможно разглядеть издалека) – 20,59 %; отсутствием светоотражающих элементов – 17,65 %,

что особенно важно для обеспечения промышленной безопасности.

Для выявления значимых показателей качества СИЗ от падения с высоты по мнению потребителей была построена диаграмма Парето (рис. 2).

Т а б л и ц а 1

Вопросы анкетирования по формированию удовлетворенности потребителей качеством СИЗ от падения с высоты

№ вопроса в анкете	Формулировка вопроса в анкете
1	Оцените, насколько надежны фиксаторы крепления СИЗ от падения с высоты
2	Оцените, насколько обеспечивается надежность и удобство фиксации лямок и их регулировка
3	Оцените, насколько удобно выполнять подгонку по размеру СИЗ от падения с высоты
4	Оцените, насколько СИЗ от падения с высоты сохраняет эластичность при температурах работы ниже 0° С
5	Оцените, насколько износостойкий материал СИЗ от падения с высоты
6	Оцените, насколько является влагостойким материал, из которого сделано СИЗ от падения с высоты
7	Оцените устойчивость фиксации на теле СИЗ от падения с высоты при работе во влажных условиях
8	Оцените, насколько СИЗ от падения с высоты заметно издалека, благодаря яркому цвету
9	Оцените, насколько СИЗ от падения с высоты обеспечено светоотражающими элементами

Т а б л и ц а 2

Показатели качества СИЗ от падения с высоты на основе удовлетворенности потребителей и их ранжирование

Укрупненная группа показателей качества	Показатель качества	№ вопроса в анкете	Коэффициент весомости
Безопасность	Надежность фиксаторов крепления	1	0,0882
	Устойчивость фиксации на теле СИЗ от падения с высоты при работе во влажных условиях	7	0,1471
	Яркий цвет	8	0,2059
	Оснащенность светоотражающими элементами	9	0,1765
Назначение	Эластичность при температурах работы ниже 0 °С	4	0,0882
	Влагостойкость материала	6	0,1176
Надежность	Износостойкость материала	5	0,0882
Эргономичность	Надежность и удобство регулирования лямок	2	0,0294
	Удобство подгонки по размеру	3	0,0588

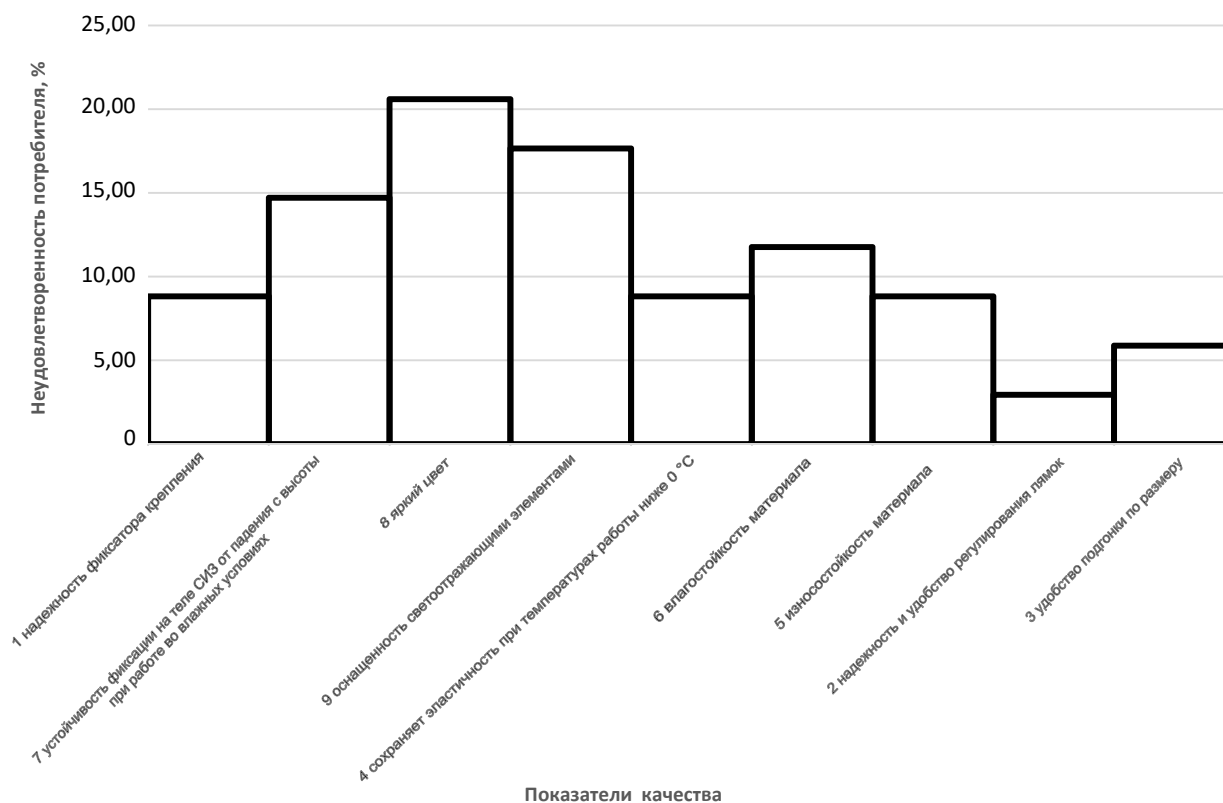


Рис. 1. Оценка потребителями качества СИЗ от падения с высоты

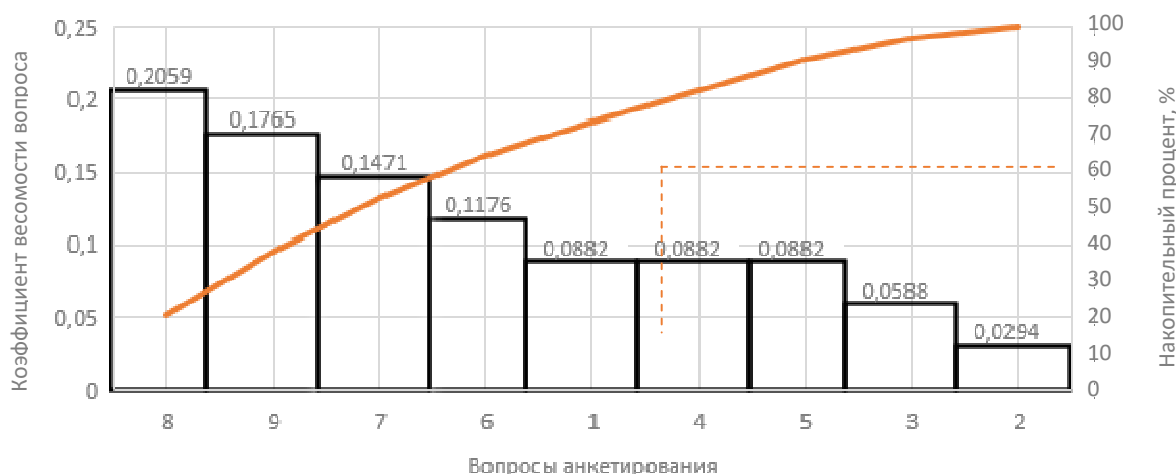


Рис. 2. Диаграмма Парето распределения весовости показателей качества СИЗ от падения с высоты

Диаграмма Парето (принцип 80/20) позволяет наглядно оценить наиболее важные показатели качества СИЗ от падения с высоты. Столбцы показывают вес каждого показателя, линия – кумулятивный процент вклада. Граница 80 % кумулятивного эффекта определяет ключевые (значимые) 20 % показателей качества СИЗ от падения с высоты.

По результатам диаграммы Парето установлены наиболее значимые показатели качества СИЗ от падения с высоты по мнению потребителей:

- яркий цвет СИЗ от падения с высоты;
- обеспечение светоотражающими элементами СИЗ от падения с высоты;
- устойчивость фиксации на теле СИЗ от падения с высоты при работе во влажных условиях;
- надежность фиксаторов крепления СИЗ от падения с высоты;
- влагостойкость материала СИЗ от падения с высоты;
- сохранение эластичности материала при температурах ниже 0 °С.

Выявленные требования потребителя могут быть учтены изготовителями СИЗ от падения с высоты для повышения эффективности производства, повышения качества и конкурентоспособности продукции на отечественном и мировом рынках.

Показатели качества, такие как надежность фиксаторов крепления СИЗ от падения с высоты, сохранение эластичности материала при отрицательных температурах, износостойкость материала СИЗ от падения с высоты, не отнесены к наиболее значимым показателям качества по причине одинаковых коэффициентов весовости. Для включения этих показателей в перечень значимых требуется дальнейший анализ с применением метода попарного сравнения.

ВЫВОДЫ

1. Разработана анкета для анализа удовлетворенности потребителей качеством СИЗ от падения с высоты.

2. Проведен опрос целевой аудитории СИЗ от падения с высоты, на основании которого установлен перечень показателей.

3. Ранжирование показателей качества СИЗ от падения с высоты позволило установить значимые показатели качества:

- яркий цвет;
- наличие светоотражающих элементов;
- устойчивость фиксации на теле;
- надежность фиксаторов крепления;
- влагостойкость материала;
- сохранение эластичности материала при температурах ниже 0 °С.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте : Приказ Минтруда России от 16.11.2020 № 782н (ред. от 29.04.2025) // СПС «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371453/ (дата обращения: 15.04.2026).
2. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М. : Стандартинформ, 2020. 23 с.
3. ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» : утв. решением комиссии Таможенного союза 09.12.2011 № 878 // Электронный

фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320567> (дата обращения: 15.04.2026).

4. Фасхиев Х. А. Удовлетворенность потребителей и ее оценка // Маркетинг в России и за рубежом. 2010. № 2. С. 39–52.
5. Тихойкина И. М., Петрухина Е. В., Тихойкин Д. В. Оценка удовлетворенности потребителей качеством услуг предприятия сервиса // Вестник ОрелГИЭТ. 2020. № 1(51). С. 53–59.
6. Гордеева Т. И. Анализ удовлетворенности потребителей качеством услуг органа инспекции // Здоровье населения и среда обитания. 2022. № 11(332). С. 4–13.
7. Карапетян Д. Т. Формальные методы экспертных оценок // Наука на современном этапе: вопросы, достижения, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Кемерово, 23 декабря 2017 г.). Томск : Quantum, 2017. С. 247–249.

REFERENCES

1. Order No. 782n “On the Approval of Occupational Safety Rules for Work at Height”. Approved on November 16, 2020, by Order of the Ministry of Labor of Russia. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371453 (accessed 15.04.2026). (In Russ.)
2. *GOST R ISO 9001–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva*. Trebovaniya [State Standard R ISO 9001–2015. Quality Management Systems. Requirements]. Moscow, Standardinform, 2020. 23 p. (In Russ.)
3. TR CU 019/2011. Technical Regulation of the Customs Union. On the Safety of Personal Protective Equipment. Approved 12.09.2011 No. 878. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320567> (accessed 15.04.2026). (In Russ.)
4. Faskhiev H. A. Consumer Satisfaction and Its Assessment. *Marketing v Rossii i za rubezhom* [Marketing in Russia and Abroad]. 2010;2:39–52. (In Russ.)
5. Tikhoykina I. M., Petrukhina E. V., Tikhoykin D. V. Estimation of satisfaction of consumers quality of services of the enterprise of service. *Vestnik OrelGIET* [OrelSIET Bulletin]. 2020;1(51):53–59. (In Russ.)
6. Gordeeva T. I. Analysis of consumer satisfaction with the quality of services provided by the inspection authority. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public Health and the Environment]. 2022;11(332):4–13. (In Russ.)
7. Karapetyan D. T. Formal Methods of Expert Assessments. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2017. Tomsk, Quantum Publ., 2017. P. 247–249. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 22.04.2026

Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Е. П. Кондратьева, старший преподаватель

В. А. Иванова, доктор технических наук

П. Н. Рудовский, доктор технических наук, профессор

Научная статья

УДК 677.017.222

EDN LYETTTQ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-18-24>

Евгений Львович Пашин¹

Александр Валерьевич Орлов²

Максим Александрович Смирнов³

¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кострома, Россия

^{2,3}Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹evgpashin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5871-874X>

²aorlov@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4995-3393>

³sma44@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6500-4518>

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТСТУПА ОТ ЗАЖИМА БОРОДКИ И ЧИСЛЕННОСТИ ВОЛОКОН В НЕЙ НА ИХ РАСЧЕТНУЮ ДЛИНУ ПО МЕТОДУ HVI

Аннотация. Целью работы является оценка возможного влияния на величину средней длины волокон *ML* используемого в методе *HVI* при испытании в фибрографе отступа от линии зажима волокон на величину 3,81 мм, а также непостоянства толщины волокнистого слоя в бородке. Посредством имитационного моделирования процессов образования системы зажима волокон в колодку и построения фиброграммы получено подтверждение о негативном влиянии изменчивости численности волокон в бородке, что снижает точность определения их средней длины *ML* по методу *HVI*. С повышением числа волокон в бородке отличие *ML* от истинной длины волокон возрастает. Также установлено, что при величине отступа 3,81 мм от края зажима до начала сканирования в фибрографе может формироваться погрешность при определении *ML*, особенно при анализе коротковолокнистого хлопка средней длиной примерно 20 мм. Сделано заключение о необходимости совершенствования метода определения длины волокон хлопка на фибрографе посредством учета всех волокон, составляющих бородку, и ее сканирования непосредственно от линии зажима.

Ключевые слова: волокно, хлопок, длина, *USTER HVI*, моделирование, формирование бородки, фиброграмма, погрешность

Для цитирования: Пашин Е. Л., Орлов А. В., Смирнов М. А. Влияние величины отступа от зажима бородки и численности волокон в ней на их расчетную длину по методу *HVI* // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 18–24. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-18-24>.

Original article

Evgeniy L. Pashin¹

Aleksander V. Orlov²

Maxim A. Smirnov³

¹Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

^{2,3}Kostroma State University, Kostroma, Russia

THE EFFECT OF THE INDENTATION FROM THE CLAMP OF THE BIT AND THE NUMBER OF FIBRES IN IT ON THEIR ESTIMATED LENGTH ACCORDING TO THE HVI METHOD

Abstract. The aim of the work is to evaluate the possible effect on the *ML* value of the fibre offset from the fibre clamping line by 3.81 mm used in the *HVI* method when testing in a fibrograph, as well as the variability in the thickness of the fibrous layer in the bit. By simulating the formation of a fibre clamping system in a block and constructing a fibrogram, confirmation was obtained of the negative effect of the variability in the number of fibres in the bit, which reduces the accuracy of determining their average length *ML* by the *HVI* method. As the number of fibres in the bit increases, the difference between *ML* and the true length of the fibres increases. It was also found that with an indentation of 3.81 mm from the edge of the clamp before the start of scanning, an error in determining *ML* may form in the fibrograph, especially when analysing short-

fibre cotton with an average length of about 20 mm. It is concluded that it is necessary to improve the method of determining the length of cotton fibres on a fibrograph by taking into account all the fibres that make up the bit and scanning it directly from the clamping line.

Keywords: fibre, cotton, length, USTER HVI system, modelling, bit formation, fibrogram, measurement error

For citation: Pashin E. L., Orlov A. V., Smirnov M. A. The effect of the indentation from the clamp of the bit and the number of fibres in it on their estimated length according to the HVI method. *Technologies & Quality*. 2026. No 2(72). P. 18–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-18-24>.

При использовании инструментальной системы USTER HVI для измерения характеристик длины волокон хлопка с применением фибрографа акцентировано внимание на некоторые особенности испытаний, связанные с точностью получаемых результатов [1–5]. Это касается, например, используемой при испытании в фибрографе величины отступа, равной 3,81 мм от линии зажима бородки перед ее сканированием. В работе [6, р. 158], объясняя такую величину отступа, указано, что «...прибор нечувствителен к присутствию очень коротких волокон» и поэтому такой отступ несущественно повлияет на конечный результат измерения.

Однако согласиться с указанным объяснением нельзя. Это вытекает из начальных положений о принципах формирования фиброграммы по результатам сканирования [7, 8]. Дело в том, что они предусматривают анализ слоя волокон, равного по толщине их условному диаметру, то есть в виде однослойной совокупности. Авторы теории построения фиброграммы установили, что при равенстве всех волокон в зажиме по длине ($L_m = \text{const}$) и при их случайном смещении по длине друг относительно друга и относительно линии зажима график фиброграммы будет представлять собой прямую линию. Тогда в осях координат (по оси Y – нормализованное значение степени ослабления свето-

вого потока при сканировании в фибрографе, а по оси X – расстояние от линии зажима) будет формироваться фигура в виде треугольника. Среднее значение длины волокон соответствует координате точки X_{ML} пересечения прямой с осью X . Это продемонстрировано в исследовании [8].

В то же время при наличии волокон, отличных от средней длины L_m , линия фиброграммы будет отличаться от прямой линии, а координата точки пересечения линии фиброграммы с осью X не будет соответствовать средней длине волокон. Поэтому при испытаниях с использованием системы USTER HVI применяются алгоритмы построения характеристических кривых (для определения средней ML и верхней средней длины $UHML$) применительно к такой криволинейной фиброграмме.

Отметим, что формирование кривизны фиброграммы происходит по причине изменчивости длины анализируемых волокон, попавших в зажим. Однако при испытании на фибрографе по причине наличия упомянутого отступа, величиной 3,81 мм по длине бородки от линии зажима, этого не происходит, что дает ошибку итогового значения ML . Эта ошибка будет возникать из-за игнорирования части зажатых волокон. Этот факт поясняется схемой зажатых волокон на рисунке 1.



Рис. 1. Схема возможных вариантов формирования коротких концов волокон в бородке

Так, применительно к волокну 1, имеющему значительную длину, его выступающий короткий конец (длиной менее 3,81 мм), составляющий бородку, не будет учитываться при по-

строении фиброграммы. Из-за этого искривление фиброграммы будет зависеть не только от изменчивости длины волокон, но и от условий их сканирования. В итоге будет формироваться

ошибка при определении ML . Однако определение причины этой ошибки станет невозможным, так как она будет зависеть от двух случайных факторов: изменчивости по длине самих волокон и изменчивости не учитываемых при испытании длины выступающих концов волокон в интервале от 0 до 3,81 мм.

Дополнительного изучения также требует вопрос влияния на точность анализа при определении ML количества волокон, расположенных в зажимной колодке. Так, при подготовке бородки в фибросеплере в зажим попадает разное число волокон [9]. Из-за этого толщина слоя зажатых волокон в бородке является непостоянной и отличающейся от слоя волокон, расположенных в ряд вблизи друг от друга без просветов толщиной, равной одному условному диаметру волокон. Поэтому часть волокон, расположенных внутри слоя, и их длина не могут быть зафиксированы при сканировании путем контроля степени ослабления светового потока. В итоге формируется дополнительная случайная ошибка при определении ML [10].

В этой связи представляет практический интерес оценка расхождения значений расчетных значений ML при применяемом в методе HVI отступе 3,81 мм и при его отсутствии, а также при разном числе волокон (разной толщине слоя) в зажатой колодке. Результат такой оценки может использоваться при совершенствовании метода HVI и при разработке более совершенных методов анализа длины волокон.

Целью исследования является оценка возможного совместного влияния на величину ML используемого в методе HVI при испытании в фибрографе отступа от линии зажима волокон на величину 3,81 мм, а также непостоянства толщины волокнистого слоя в бородке.

Методы исследования включали интегрированное использование математического и компьютерного моделирования с применением языка программирования Python, а также статистических алгоритмов обработки данных. При построении модельных систем волокон в зажиме и кривой фиброграммы, а также при определении значений характеристик длины ML применили методы компьютерного имитационного моделирования и алгоритмы расчетов, изложенные ранее в работах [10–12]. Условия модельных испытаний соответствовали параметрам фибрографа USTER LVI Fibrograph 730 с интервалом оценки нормализованного затемнения 0,635 мм. Моделирование фиброграммы осуществляли по методу, представленному в литературе [12]. Синтез системы волокон в зажиме с толщиной слоя, равной условному диаметру волокон (однослой-

ная масса волокон в зажиме), моделировали с применением оригинального метода. Для оценки влияния разной численности волокон в зажиме проводили сравнение средней длины волокон ML на основе анализа фиброграммы для однослойной и многослойной (1–4 слоя) бородки зажатых волокон. Анализ проводили применительно к разной длине отступа A от края зажима до начала сканирования бородки (0 и 3,81 мм), исследуя разную исходную длину волокон: 20, 30 и 40 мм. При моделировании принимали, что волокна подчиняются нормальному закону распределения с левосторонней асимметрией, присущей хлопку. Моделирование фиброграмм осуществляли с 20-кратным прогоном, обеспечивающим точность анализа при определении ML до 5 %.

Для оценки степени изменения средней длины волокон ML на основе моделирования процесса испытания по методу HVI внесли исправления в ранее созданный алгоритм расчета и построения характеристических кривых применительно к фиброграмме [12]. Необходимость внесения изменений связана с возможностью моделирования фиброграммы применительно к однослойной массе волокон в зажимной колодке. В этом случае толщина слоя волокон должна соответствовать их условному диаметру, а сами волокна располагаются по отношению друг к другу без зазора. Такие изменения в упомянутый алгоритм и были внесены. Уточненный вариант моделирования однослойной массы значений ML_1 представлен в виде схемы алгоритма на рисунке 2. На ней область, обведенная линией, представляет совокупность операций, представляющих суть изменений.

Таким образом, при моделировании использовали два алгоритма. Первый представлен в работе [10]. Он обеспечивает возможность построения фиброграммы и расчет значения ML для совокупности волокон с задаваемым пользователем количеством. Второй, согласно представленной на рисунке 2 схеме алгоритма, предназначен для построения фиброграммы и расчета ML_1 для однослойной массы волокон. Наличие значений ML и ML_1 позволяет произвести расчет оценки их изменения в виде коэффициента $K = ML_1 / ML$.

С использованием указанных алгоритмов расчета и моделирования выполнено исследование влияния на величину K размера отступа A (0 или 3,81 мм), а также разной численности волокон в зажиме с учетом длины волокон в виде количества их слоев B (1, 2, 3, 4 шт.). Количество волокон с учетом их длины при разных значениях числа слоев представлено в таблице.

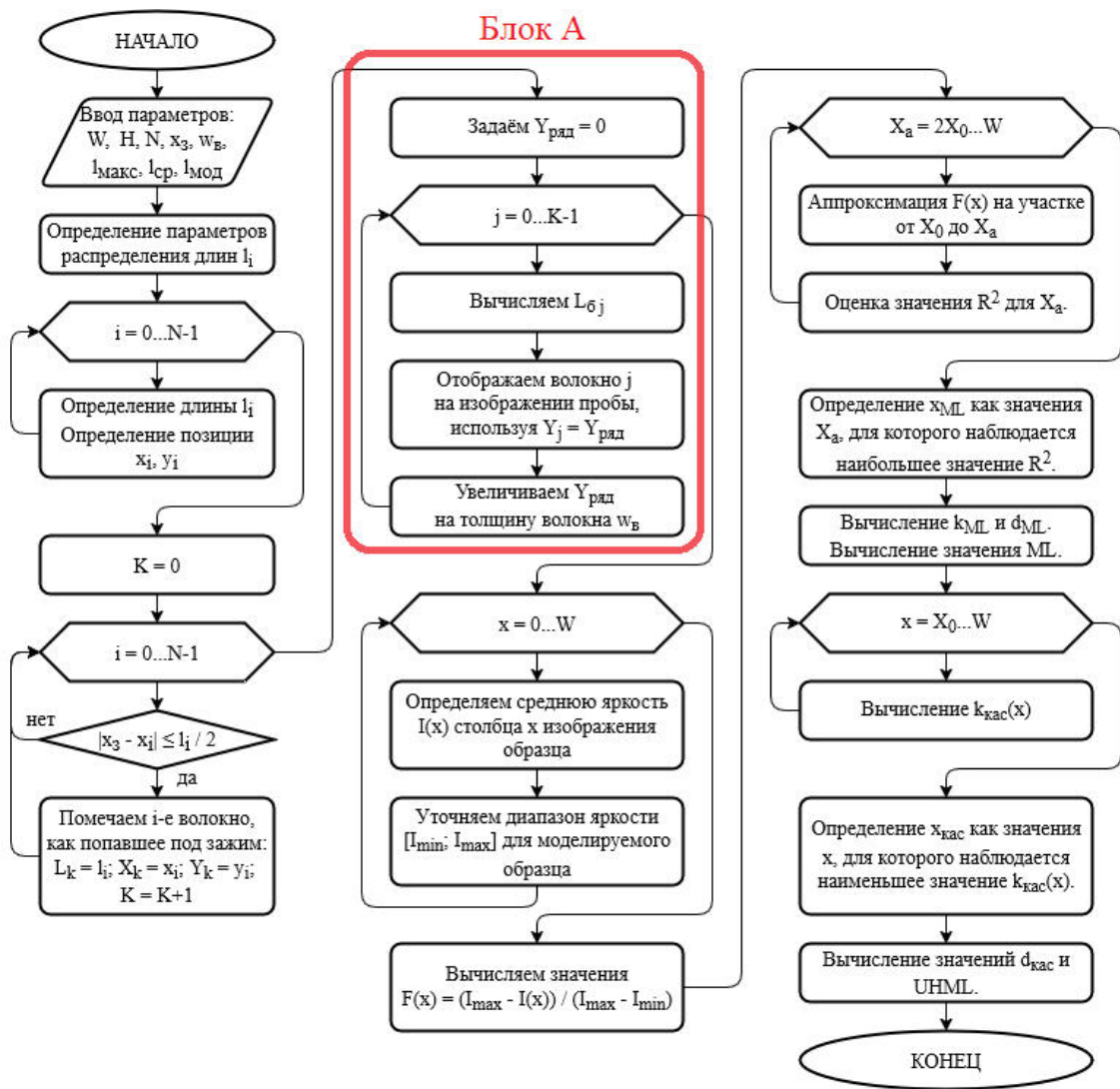


Рис. 2. Усовершенствованная схема алгоритма расчетов при определении средней длины ML при условии зажатия волокон в виде слоя, равного по толщине условному диаметру хлопкового волокна

Т а б л и ц а

Исходные условия для моделирования

Число слоев волокон в зажиме*, шт.	Число волокон хлопка (шт.) при их длине, мм		
	20	30	40
1	500	400	300
2	1000	800	600
3	1500	1200	900
4	2000	1600	1200

*Примечание: количество слоев определяли на основе опубликованных значений условного диаметра (поперечника) волокна хлопка, ширины зажимной колодки и общего числа зажатых волокон.

Используя данные таблицы, значения коэффициента K определяли на основе расчетного эксперимента. Полученные результаты представлены в виде диаграмм на рисунке 3. На них показаны также аппроксимирующие кривые, приближенно описывающие изменения величины K при разных условиях испытаний.

Из анализа данных следует, что ошибка при определении средней длины волокон ML по фиброграмме в основном формируется в зависимости от случайного фактора – численности

волокон в бородке. При наличии числа волокон, близких к однослойному расположению в зажиме перед сканированием при определении ML, точность испытания наибольшая. При увеличении числа волокон, вызывающих многослойное расположение волокон в бородке, точность снижается, достигая 8 %. Иными словами, получаемые по фиброграмме методом HVI значения длины подвержены изменчивости вследствие случайной численности волокон в зажиме после применения фибросэмплера. Такая из-

менчивость будет приводить к вариациям величины светового потока, проникающего сквозь бородку, регистрируемого для построения фиб-

рограммы. Этот вывод согласуется с заключением, указанным ранее [10].

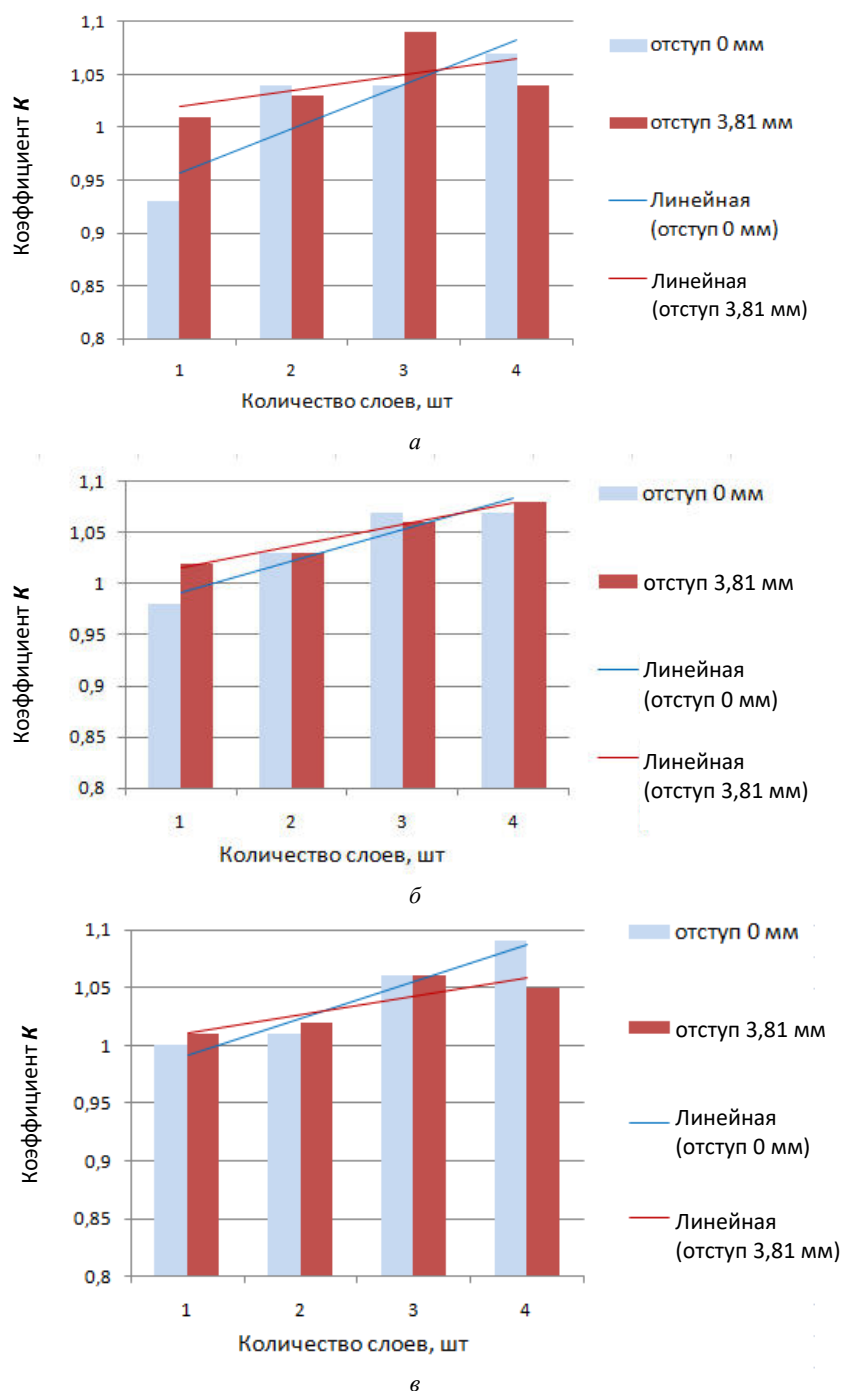


Рис. 3. Зависимость соотношения $ML_1/ML = K$ от количества слоев волокон в зажиме и величины отступа для разной длины волокон хлопка: *a* – длина 20 мм; *b* – длина 30 мм; *c* – длина 40 мм

Значение величины отступа на соотношение $ML_1/ML = K$ (диаграмма на рис. 4) в меньшей степени влияет на точность при определении длины волокон. Однако при испытании коротковолокнистого хлопка (длина примерно 20 мм) и при отступе, равном 3,81 мм, могут формироваться ошибочные данные ML , а именно будет наблюдаться завышение величины ML до 5 % от их исходной длины.

Таким образом, из результатов моделирования и расчетного эксперимента следует подтверждение получения ошибочных данных при определении средней длины волокон ML по результатам анализа фиброграммы по методу HVI. Основной причиной этого является невозможность обеспечения постоянного числа волокон в бородке перед ее испытанием на фибрографе. Кроме этого, ошибки при определении ML мо-

гут возникать при испытании коротковолокнистого хлопка вследствие использования при испытании на фибрографе отступа величиной 3,81 мм. Вероятно, по этой же причине могут формироваться ошибочные данные и о доле непрядомых волокон в общей массе хлопка в виде индекса коротких волокон SFI, расчет величины которого указан в исследовании [13] с применением величины ML и иных характеристик.

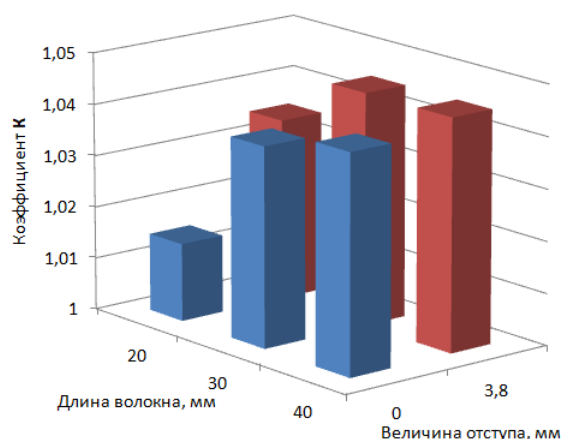


Рис. 4. Зависимость соотношения $ML_1/ML = K$ от величины отступа при разной длине волокон хлопка при условии среднего числа (2,5 шт.) волокнистых слоев в зажиме

В результате проведенного исследования следует считать ошибочным мнение зарубежных исследователей [6, с. 158], что «...прибор* нечувствителен к присутствию очень коротких волокон» в зоне от кромки зажима волокон до

линии начала сканирования бородки волокон хлопка. Поэтому такой отступ, по мнению этих исследователей, несущественно будет влиять на конечный результат измерения. Несогласие с этим объясняется наличием в этой зоне длиной 3,81 мм коротких волокнистых концов, которые могут являться продолжением длинных волокон. Их наличие должно влиять на форму фиброграммы, что согласуется с теорией о ее формировании [7].

Для подтверждения этого, а также оценки влияния на величину средней длины ML (по методу HVI) непостоянства толщины волокнистого слоя в бородке (из-за непостоянства в ней числа волокон) использовали метод имитационного моделирования. По итогам его реализации получили подтверждение о влиянии изменчивости численности волокон в бородке на снижение точности определения их средней длины ML. С отклонением количества волокон от их числа, составляющего однослойную бородку, точность результатов снижается. Также установлено, что при величине отступа 3,81 мм от края зажима до начала сканирования в фибрографе может формироваться погрешность при определении ML, особенно при анализе коротковолокнистого хлопка средней длиной примерно 20 мм. В этой связи необходимо совершенствование алгоритма определения длины волокон хлопка по методу HVI посредством учета всех волокон, составляющих бородку, в условиях их фиксации с применением фибросэмплера и начала сканирования от линии зажима.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. An Investigation on the Sampling Bias of the Beard Method as Used in HVI / Y. Cai, X. Cui, J. Rodgers, V. B. Martin, M. Watson // The Journal of The Textile Institute. 2010. No. 101(11). P. 958–966.
2. Obtaining Cotton Fiber Length Distributions from the Beard Test Method Part 2 – A New Approach through PLS Regression / R. Belmasrour, L. Li., X. L. Cui, Y. Cai, J. Rodgers // The Journal of Cotton Science. 2011. No. 15. P. 73–79.
3. Extracting fiber length distributions from dual-beard fibrographs with the Levenberg – Marquardt algorithm / J. Zhou, J. Wang, J. Wei, B. Xu // Textile Research Journal. 2019. No. 90. P. 37–48.
4. Obtaining Cotton Fiber Length Distributions from the Beard Test Method, Part 1 – Theoretical Distributions Related to the Beard Method / X. L. Cui, J. Rodgers, Y. Cai, L. Li, R. Belmasrour, S.-S. Pang // The Journal of Cotton Science. 2009. No. 13. P. 265–273.
5. Turner C., Sayeed M. A., Hequet E. F. Reconstruction of the cotton fiber length distribution from a High Volume Instrument® fibrogram // Textile Research Journal. 2022. No. 93. P. 1651–1669.
6. Hearle J. W. S., Morton W E. Physical Properties of Textile Fibres. Cambridge : Woodhead Publishing, 2008. 796 p.
7. Hertel K. L. A Method of Fibre-Length Analysis Using the Fibrograph // Textile Research Journal. 1940. No. 10. P. 510–525.
8. Chu Y. T., Riley C. R. New interpretation of the fibrogram // Textile Research Journal. 1997. No. 67. P. 897–901.

* Прибор – фиброграф, применяемый при испытании по методу HVI.

9. Рыклин Д. Б., Кветковский Д. И. Оценка показателей качества хлопкового волокна с использованием системы UsterLVI : метод. указания. Витебск : ВГТУ, 2019. 40 с.
10. Пашин Е. Л. Моделирование испытания по методу HVI для оценки длины волокон хлопка с различными параметрами бородачки // *Universum: технические науки*. 2025. № 4. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19730> (дата обращения: 09.03.2026).
11. Пашин Е. Л., Орлов А. В. Компьютерное моделирование формирования «бородачки» короткоштапельных волокон для оценки характеристик их длины в фибрографе USTER // *Universum: технические науки*. 2024. № 8. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18050> (дата обращения: 09.03.2026).
12. Пашин Е. Л., Орлов А. В., Смирнов М. А. Компьютерное моделирование фиброграммы для определения характеристик длины короткоштапельных волокон по методу HVI // *Universum: технические науки*. 2025. № 1. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19139> (дата обращения: 09.03.2026).
13. Жуманиязов К., Тожимирзаев С. Т., Муминов М. Р. Исследование и оценка свойств хлопкового волокна в технологических процессах // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 1. С. 162–170.

REFERENCES

1. Cui X., Rodgers J., Martin V. B., Watson M. An Investigation on the Sampling Bias of the Beard Method as Used in HVI. *The Journal of The Textile Institute*. 2010;101(11):958–966.
2. Belmasrou R., Li L., Cui X. L., Cai Y., Rodgers J. Obtaining Cotton Fiber Length Distributions from the Beard Test Method Part 2 – A New Approach through PLS Regression. *The Journal of Cotton Science*. 2011;15:73–79.
3. Zhou J., Wang J., Wei J., Xu B. Extracting fiber length distributions from dual-beard fibrographs with the Levenberg – Marquardt algorithm. *Textile Research Journal*. 2019;90:37–48.
4. Cui X. L., Rodgers J., Cai Y., Li L., Belmasrou R., Pang S.-S. Obtaining Cotton Fiber Length Distributions from the Beard Test Method, Part 1 – Theoretical Distributions Related to the Beard Method. *The Journal of Cotton Science*. 2009;13:265–273.
5. Turner C., Sayeed M. A., Hequet E. F. Reconstruction of the cotton fiber length distribution from a High Volume Instrument® fibrogram. *Textile Research Journal*. 2022;93:1651–1669.
6. Hearle J. W. S., Morton W. E. *Physical Properties of Textile Fibers*. Cambridge, Woodhead Publ., 2008. 796 p.
7. Hertel K. L. A Method of Fiber-Length Analysis Using the Fibrograph. *Textile Research Journal*. 1940;10:510–525.
8. Chu Y. T., Riley C. R. New interpretation of the fibrogram. *Textile Research Journal*. 1997;67:897–901.
9. Ryklin D. B., Kvetkovsky D. I. Evaluation of cotton fiber quality indicators using the UsterLVI system: guidelines. Vitebsk, Vitebsk St. Tech. Univ. Publ., 2019. 40 p. (In Russ.)
10. Pashin E. L. Modeling of testing using the HVI method to estimate the length of cotton fibers with different beard parameters. *Universum: technical sciences*. 2025;4. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19730> (accessed 09.03.2026). (In Russ.)
11. Pashin E. L., Orlov A. V. Computer modeling of the formation of the “beard” of short-staple fibers to evaluate the characteristics of their length in the USTER fibrograph. *Universum: technical sciences*. 2024;8. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archi-ve/item/18050> (accessed 09.03.2026). (In Russ.)
12. Pashin E. L., Orlov A. V., Smirnov M. A. Computer modeling of fibrogram for determining the length characteristics of short-staple fibers using the HVI method. *Universum: technical sciences*. 2025;1. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19139> (accessed 09.03.2026). (In Russ.)
13. Zhumaniyazov K., Tozhimirzaev S. T., Muminov M. R. Research and evaluation of cotton fiber properties in technological processes. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;1:162–170. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 08.04.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Е. Л. Пашин, доктор технических наук, профессор
А. В. Орлов, кандидат технических наук, доцент
М. А. Смирнов, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 675.6.01

EDN JPCVWQ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-25-31>

Елена Николаевна Борисова¹

Жанна Юрьевна Койтова²

Вера Александровна Тимченко³

Ксения Александровна Перминова⁴

^{1,2,4} Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург, Россия

³ Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹ borisoffa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5898-4474>

² koytovaju@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1637-0906>

³ tva.reg44@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0464-6591>

⁴ ksyuha_p@list.ru; <https://orcid.org/0009-0000-4933-5213>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОВЧИННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТОВАРА

Аннотация. Качество изделий формируется на всех этапах производственного цикла. В статье рассмотрены вопросы формирования качества товаров из овчины. Для изделий из овчины можно выделить уровни и этапы формирования качества. Уровни: сырье (шкурки овец) – полуфабрикат – изделие – товар. Этапы: обработка сырья (выделка, отделка) – проектирование и изготовление – реализация. На каждом этапе проводится входной и выходной контроль качества по соответствующим показателям. В работе усовершенствована номенклатура показателей качества овчинного полуфабриката путем дополнения существующих показателей показателями, применяемыми для оценки различных материалов для одежды. Показано, что предложенная номенклатура позволяет дать оценку как технологичности материала, так и его потребительским свойствам, и обеспечит качественный переход с уровня «Полуфабрикат» на уровень «Изделие» и создаст качественные предпосылки для перехода с уровня «Изделие» на уровень «Товар».

Ключевые слова: качество, номенклатура показателей качества, овчинный полуфабрикат, свойства, технологичность, уровни формирования качества, этапы формирования качества

Для цитирования: Совершенствование номенклатуры показателей качества овчинных полуфабрикатов как фактор формирования качества товара / Е. Н. Борисова, Ж. Ю. Койтова, В. А. Тимченко, К. А. Перминова // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 25–31. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-25-31>.

Original article

Elena N. Borisova¹

Zhanna Yu. Koytova²

Vera A. Timchenko³

Ksenia A. Perminova⁴

^{1,2,4} Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia

³ Kostroma State University, Kostroma, Russia

IMPROVING THE NOMENCLATURE OF QUALITY INDICATORS OF SHEEPSKIN SEMI-FINISHED PRODUCTS AS A FACTOR IN FORMING THE QUALITY OF GOODS

Abstract. The quality of products is formed at all stages of the production cycle. The article discusses the issues of forming the quality of goods from sheepskin. For products from sheepskin, it is possible to distinguish levels and stages. Levels include: Raw materials (sheepskin) – Semi-finished products – Product – Commodity. Stages include: processing of raw materials (dressing, finishing) – design and manufacture – implementation. At each stage, input and output quality control is carried out according to the relevant indi-

cators. The paper improves the nomenclature of quality indicators for sheepskin semi-finished products by supplementing the existing indicators with those used to evaluate various clothing materials. It is shown that this nomenclature allows for assessing both the material processability and its consumer properties, ensuring high-quality transition from the “Semi-finished product” level to the “Product” level and creating the necessary conditions for the “Product” level to transition to the “Goods” level.

Keywords: quality, nomenclature of quality indicators, sheepskin, levels of quality formation, stages of quality formation

For citation: Borisova E. N., Koytova Zh. Yu., Timchenko V. A., Perminova K. A. Improving the nomenclature of quality indicators of sheepskin semi-finished products as a factor in forming the quality of goods. *Technologies & Quality*. 2026. No 2(72). P. 25–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-25-31>.

Формирование качества товара происходит на всех этапах его производства. Для изделий из овчины можно выделить уровни и этапы, определяющие преобразование «Сырья (шкуры овец)» в «Изделие» (рис. 1). Переходы с одного уровня на другой соответствуют определенным технологическим процессам – этапам, где сохраняются имеющиеся и формируются новые свойства. На каждом этапе проводится входной и выходной контроль качества по соответствующим показателям. Сформированные показатели качества каждого уровня являются выходными для данного уровня и одновременно входными для следующего. Перечень показателей качества овчинного полуфабриката определяется по существующим стандартам [1]. Однако данный перечень не в полной мере отвечает современным требованиям, так как овчинный полуфабрикат по своим свойствам значительно

видоизменился благодаря применению новых видов выделки и отделки [2–4].

Овчинный полуфабрикат представляет собой комплексный материал, свойства которого определяются свойствами волосяного покрова и кожаной ткани и их симбиозом. Волосяной покров обладает свойствами, которые формируются как на уровне отдельных волос, так и на уровне их совокупности. Формирование свойств кожаной ткани начинается на самом нижнем уровне структуры сырья. Кроме того, овчина обладает естественными свойствами живого материала, поэтому ее качество зависит от условий жизни, климатических условия разведения и питания животного. Свойства полуфабриката зависят от методов выделки и применяемого вида декоративной отделки и во многом определяют пригодность шкуры для изготовления изделий и соответствия потребительским показателям.

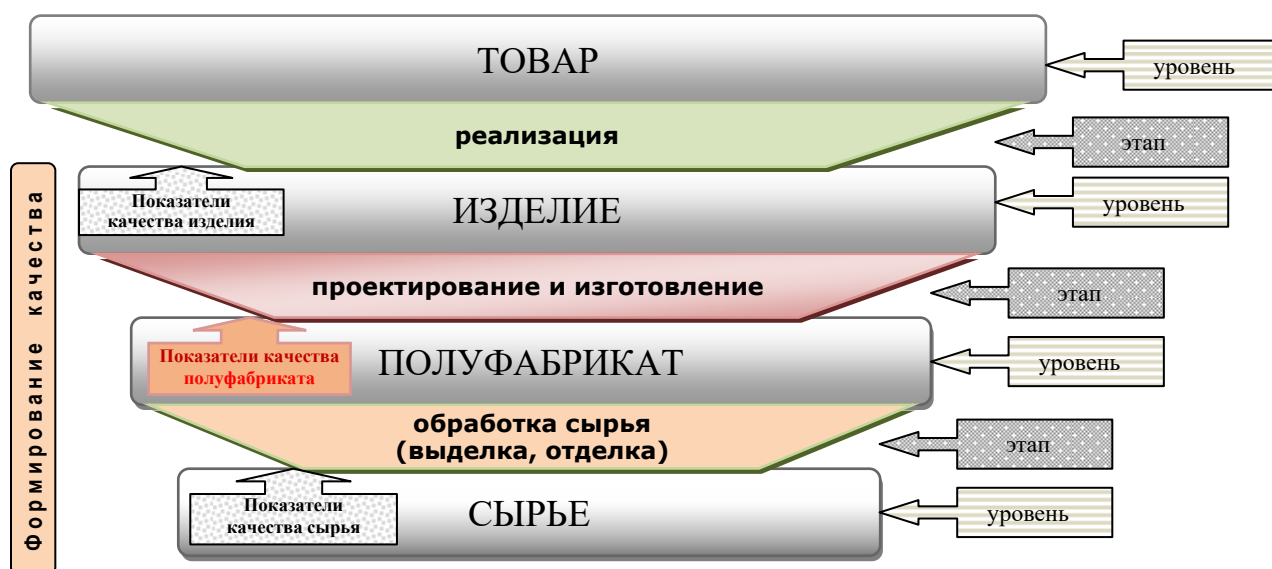


Рис. 1. Формирование качества товара из овчинного полуфабриката

Овчинный полуфабрикат, являясь комплексным материалом, может быть описан как совокупность свойств трех подсистем: свойства кожаной ткани, свойства волосяного покрова, свойства полуфабриката как совокупность свойств кожаной ткани и волосяного покрова. Представленная номенклатура в ГОСТ 4.420–86 «Система показателей качества продукции.

Шкурки меховые выделанные. Номенклатура показателей качества» не учитывает данный фактор. Важен системный подход для оценки качества [5]. Поэтому для комплексной оценки свойств овчинного полуфабриката требуется усовершенствовать номенклатуру показателей качества, которая бы учитывала эти факторы, позволяла оценить овчинный полуфабрикат

с учетом новых свойств и являлась бы достаточной для качественного перехода с уровня «Полуфабрикат» на уровень «Изделие».

С целью адаптации номенклатуры показателей качества овчинных полуфабрикатов были проанализированы стандартные системы оценки различных материалов и выявлены принципы их формирования для определения возможности их применения к исследуемому объекту.

Анализ нормативной документации, включающей стандарты на меховые шкурки, кожи, тканые и нетканые материалы различного волокнистого состава, позволил установить следующее:

- номенклатура потребительских свойств, предусмотренная стандартом [1], требует актуализации с учетом современных требований и расширения ассортимента изделий из овчины;
- данные системы номенклатур формируются на основе особенностей волокнистого состава, строения и области применения исследуемых материалов;
- данные номенклатуры показателей качества включают в себя как свойства сырья, так и свойства полуфабриката;

- ряд показателей, используемых в данных стандартах, могут быть включены в номенклатуру показателей качества овчинного полуфабриката.

На основе проведенного анализа существующих стандартов усовершенствована номенклатура показателей качества овчинных материалов (рис. 2) [6], в которую наряду с существующими показателями включены показатели качества из ГОСТ 4.11–81 «Система показателей качества продукции. Кожа. Номенклатура показателей качества», ГОСТ 4.6–85 «Система показателей качества продукции. Ткани шелковые и полшелковые бытового назначения. Номенклатура показателей», ГОСТ 4.34–84 «Система показателей качества продукции. Полотна нетканые и штучные нетканые изделия бытового назначения. Номенклатура показателей», ГОСТ 4.116–84 «Система показателей качества продукции. Кожа искусственная и пленочные материалы технического назначения. Номенклатура показателей», ГОСТ 4.80–82 «Система показателей качества продукции. Мех искусственный трикотажный. Номенклатура показателей».

НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОВЧИННОГО ПОЛУФАБРИКАТА	Кожевая ткань		
	Функциональные	– устойчивость окраски к трению – относительное удлинение при разрыве – относительное полное удлинение при напряжении 4,9 МПа – относительное упругое удлинение при напряжении 4,9 МПа – относительное остаточное удлинение при напряжении 4,9 МПа – коэффициент пластичности	Волосяной покров
	Эксплуатационные	– светостойкость окраски – прочность – толщина – изменение линейных размеров при действии температуры и влажности окружающей среды – гигротермическая устойчивость	– устойчивость окраски к трению
	Эргономические	– воздухопроницаемость – паропроницаемость – пароемкость – водопроницаемость – водопромокаемость – влагоемкость – влагоотдача – теплопроводность	– устойчивость к истиранию – светостойкость окраски – прочность
	Эстетические	– соответствие колористического оформления моде – структура лицевой поверхности	– суммарное тепловое сопротивление – соответствие отделки условиям эксплуатации – прочность связи волосяного покрова с кожаной тканью – возможность химчистки – жесткость – масса – соответствие колористического оформления (окраски) моде – соответствие геометрических параметров моде – густота – плотность – мягкость – упругость – сминаемость – блеск – соответствие отделки моде – драпируемость

Рис. 2. Усовершенствованная номенклатура показателей качества овчинных полуфабрикатов [7]
(курсивом выделены показатели, внесенные в номенклатуру из других номенклатур показателей качества)

Данная номенклатура включает в себя показатели номенклатур текстильных материалов и кож. Это стало возможным благодаря тому, что новые способы обработки овчинного полуфабриката дали возможность получать овчинный материал с новыми свойствами, изменяющими их мягкость, драпируемость, толщину кожаной ткани, свойства волосяного покрова [2, 7–9]. Таким образом стало возможным получение

такого овчинного полуфабриката, свойства которого имеют сходство со свойствами текстильных материалов, что привело в свою очередь к возможностям их нового использования для расширения области применения.

Показатели качества характеризуются соответствующими свойствами материалов. В таблице 1 представлены показатели качества и характеризующие ими свойства.

Т а б л и ц а 1

Усовершенствованная номенклатура показателей качества овчинного полуфабриката и характеризующие ими свойства [6]

Наименование показателя качества	Наименование характеризующего свойства
1. Функциональные показатели качества	
1.1. Устойчивость окраски волосяного покрова и кожаной ткани к трению	Маркость
1.2. Относительное удлинение кожаной ткани при разрыве	Растяжимость кожаной ткани
1.3. Относительное полное удлинение кожаной ткани при напряжении 4,9 МПа	
1.4. Относительное упругое удлинение кожаной ткани при напряжении 4,9 МПа	Упругость кожаной ткани
1.5. Относительное остаточное удлинение кожаной ткани при напряжении 4,9 МПа	Пластичность кожаной ткани
1.6. Коэффициент пластичности кожаной ткани	
1.7. Суммарное тепловое сопротивление меха шкурки	Теплозащитность
1.8. Соответствие отделки материала условиям эксплуатации	Функциональность
2. Эксплуатационные показатели качества (показатели надежности)	
2.1. Прочность волосяного покрова	Износостойкость волосяного покрова
2.2. Прочность связи волосяного покрова с кожаной тканью	Износостойкость меха
2.3. Устойчивость волосяного покрова к истиранию	Износостойкость волосяного покрова к истиранию
2.4. Устойчивость окраски кожаной ткани и волосяного покрова к свету	Светостойкость окраски кожаной ткани и волосяного покрова
2.5. Прочность кожаной ткани	Прочность кожаной ткани
2.6. Толщина кожаной ткани	–
2.7. Изменение линейных размеров при действии температуры и влажности окружающей среды	Усадка/увеличение площади
2.8. Устойчивость химчистки	Стойкость к воздействию химических препаратов
2.9. Устойчивость кожи во влажном состоянии к повышенным температурам	Гигротермическая устойчивость кожаной ткани
3. Эргономические показатели качества	
3.1. Воздухопроницаемость кожаной ткани	Способность кожаной ткани пропускать воздух
3.2. Паропроницаемость кожаной ткани	Способность кожаной ткани пропускать пары воды
3.3. Пароёмкость кожаной ткани	Способность кожаной ткани поглощать пары воды
3.4. Водопроницаемость кожаной ткани в статических условиях	Водостойкость в статических условиях
3.5. Водопромокаемость кожаной ткани в динамических условиях	Водостойкость кожаной ткани в динамических условиях
3.6. Влагоёмкость кожаной ткани	Способность кожаной ткани поглощать воду
3.7. Влагоддача кожаной ткани	Способность кожаной ткани отдавать воду
3.8. Теплопроводность кожаной ткани	Способность кожаной ткани проводить тепло
3.9. Жёсткость	Абразивная способность
3.10. Масса шкурки	Удобство эксплуатации
4. Эстетические показатели качества	
4.1. Соответствие геометрических параметров волосяного покрова моде	Современность
4.2. Соответствие колористического оформления (окраски) волосяного покрова и кожаной ткани моде	
4.3. Соответствие отделки шкурки моде	
4.4. Густота волосяного покрова	Внешний вид
4.5. Плотность волосяного покрова	
4.6. Мягкость волосяного покрова	
4.7. Упругость волосяного покрова	
4.8. Сминаемость волосяного покрова	
4.9. Блеск волосяного покрова	
4.10. Структура лицевой поверхности (кожаной ткани)	
4.11. Драпируемость	Композиционная пластичность

Ранее разработана номенклатура показателей качества, определяющая технологичность овчинного полуфабриката (табл. 2) и положенная в основу проектирования одежды [2, 10–12].

Сопоставление данных показывает, что усовершенствованная номенклатура показателей качества овчинного полуфабриката в полной мере охватывает совокупность свойств, которые позволяют дать оценку как технологичности материала, так и его потребительской ценности на уровне «Полуфабрикат» и обеспечат качественный переход с уровня «Полуфабрикат» на уровень «Изделие».

Разработанная номенклатура позволяет проводить оценку свойств овчины по существующим методам оценки, а также использовать методы оценки свойств, которые применяются для текстильных материалов и кож, а также но-

вые методы оценки, разработанные с учетом специфики овчинного полуфабриката [13–15].

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствована номенклатура показателей качества овчинного полуфабриката путем включения показателей, которые используются для оценки различных материалов.

2. Разработанная номенклатура позволяет дать совокупную оценку свойств, определяющих технологичность материалов и его потребительскую составляющую.

3. Определение показателей качества материала на уровне «Полуфабрикат» позволяет на этапе «Проектирование и изготовление» обеспечить требуемый уровень качества при переходе на уровень «Изделие» и создать предпосылки для успешного перехода на этап «Реализация».

Т а б л и ц а 2

Номенклатура показателей качества, определяющих технологичность овчинного полуфабриката

Наименование показателя	Наименование характеризующего свойства
Кожевая ткань	
Толщина	Структурная характеристика
Податливость	Растяжимость
Жесткость	Жесткость при изгибе
Усадка при химчистке	Изменение линейных размеров
Цветовое различие для кожаной ткани	Устойчивость окраски
Волосной покров	
Высота волосного покрова	Структурная характеристика
Угол наклона волоса	
Длина волоса	
Цветовое различие для волосного покрова	Устойчивость окраски при сухом и мокром трении
Жесткость	Абразивная способность
Коэффициент несминаемости	Сжатие

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ 4.420–86. Система показателей качества продукции. Шкурки меховые выделанные. Номенклатура показателей качества. М. : Изд-во стандартов, 1986. 10 с.
- Борисова Е. Н. Развитие научно-методологических подходов к оценке свойств овчинных полуфабрикатов для изделий различного ассортимента : дис. ... д-ра техн. наук. Кострома, 2018. 478 с.
- Исследование влияния отделки кожаной ткани на эксплуатационные свойства шубных овчин / Н. Н. Шапочка, Е. Н. Борисова, Ж. Ю. Койтова, Е. В. Смирнова // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 41–44.
- Муравская Н. Н., Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю. Ассортимент, свойства и оценка качества кож и овчинных полуфабрикатов с различными видами отделки поверхности. Кострома : Костром. Гос. технол. ун-т, 2015. 82 с.
- Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю., Перминова К. В. Системный подход к формированию и сохранению качества товаров из овчинного полуфабриката // Технологии и качество. 2019. № 4(46). С. 8–13.
- Тимченко В. А. Разработка метода оценки и исследование драпируемости овчинного полуфабриката : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2023. 197 с.
- Тимченко В. А. Разработка метода оценки и исследование драпируемости овчинного полуфабриката : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2023. 16 с.
- Шапочка Н. Н., Койтова Ж. Ю., Борисова Е. Н. Анализ диаграмм растяжения различного овчинного полуфабриката // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 5(326). С. 17–20.
- Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю., Тимченко В. А. Прогнозирование драпируемости овчинного полуфабриката // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5. С. 38–44.

10. Тимченко В. А., Борисова Е. Н. Показатели качества изделий из овчинных материалов и их взаимосвязь с видами декоративных отделок // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2013. № 1(30). С. 32–34.
11. Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю. Разработка номенклатуры технологических показателей качества для проектирования изделий из овчинного полуфабриката // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 5. С. 97–100.
12. Тимченко В. А., Борисова Е. Н. Номенклатура потребительских показателей качества овчинных полуфабрикатов // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 1(32). С. 84–86.
13. Патент РФ на изобретение № 2582983: G 01 N 33/36. Способ определения драпируемости меховых и кожаных полуфабрикатов / Борисова Е. Н., Тимченко В. А., Койтова Ж. Ю.; заявитель и патентообладатель Костромской государственный технологический университет. № 2014106846/15; заяв. от 24.02.2014, опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12. 8 с.
14. Перминова К. В., Койтова Ж. Ю., Борисова Е. Н. Усовершенствование методики построения рельефа волосяного покрова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2020. № 3. С. 60–63.
15. Борисова Е. Н., Койтова Ж. Ю., Омирова М. З. Оценка устойчивости окраски овчинного полуфабриката при эксплуатационных воздействиях // Технологии и качество. 2019. № 2(44). С. 15–19.

REFERENCES:

1. GOST 4.420–86. *Sistema pokazatelej kachestva produkcii. SHkurki mekhovye vydelannye. Nomenklatura pokazatelej kachestva* [State Standart 4.420–86. System of Product Quality Indicators. Furs, tanned. Nomenclature of Quality Indicators]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1986. 10 p. (In Russ.)
2. Borisova E. N. Development of Scientific and Methodological Approaches to Assessing the Properties of Sheepskin Semi-Finished Products for Various Products. Doct. techn. sci. dis. Kostroma, 2018. 478 p. (In Russ.)
3. Shapochka N. N., Borisova E. N., Koitova Zh. Yu., Smirnova E. V. Research of the influence of leather fabric finishing on the performance properties of sheepskin coats. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2008;17:41–44. (In Russ.)
4. Muravskaya N. N., Borisova E. N., Koitova Zh. Yu. The range, properties and quality assessment of leathers and sheepskin semi-finished products with different types of surface finishing. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2015. 82 p. (In Russ.)
5. Borisova E. N., Koitova Zh. Yu., Perminova K. V. Systematic approach to the formation and preservation of quality of goods made of sheepskin semi-finished product. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;4(46):8–13. (In Russ.)
6. Timchenko V. A. Development of a method for assessing and studying the drapability of sheepskin semi-finished products. Cand. tech. sci. dis. Kostroma, 2023. 197 p. (In Russ.)
7. Timchenko V. A. Development of a method for assessing and studying the drapability of a sheepskin semi-finished product: Abstract of Cand. Tech. Sci. dis. Kostroma, 2023. 16 p. (In Russ.)
8. Shapochka N. N., Koitova Zh. Yu., Borisova E. N. Analysis of the stretching diagrams of various sheepskin semi-finished products. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2010;5(326):17–20. (In Russ.)
9. Borisova E. N., Koitova Zh. Yu., Timchenko V. A. Prediction of the drapability of sheepskin semi-finished product. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;5:38–44. (In Russ.)
10. Timchenko V. A., Borisova E. N. Quality indicators of products made from sheepskin materials and their relationship with types of decorative finishes. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2013;1(30):32–34. (In Russ.)
11. Borisova E. N., Koitova Zh. Yu. Development of the nomenclature of technological quality indicators for the design of products from sheepskin semi-finished products. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2014;5:97–100. (In Russ.)

12. Timchenko V. A., Borisova E. N. Nomenclature of consumer quality indicators of sheepskin semi-finished products. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2014;1(32):84–86. (In Russ.)
13. Borisova E. N., Timchenko V. A., Koitova Zh. Yu. *Sposob opredeleniya drapiruемости mekhovyh i kozhevennyh polufabrikatov* [Method for Determining the Drapability of Fur and Leather Semi-Finished Products]. Patent of the Russian Federation for the invention No. 2582983: G 01 N 33/36. No. 2014106846/15; 2016. (In Russ.)
14. Perminova K. V., Koitova Zh. Yu., Borisova E. N. Improvement of the method of constructing the relief of the hair cover. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2020;49,3:60–63. (In Russ.)
15. Borisova E. N., Koitova Zh. Yu., Omirova M. Z. Assessment of the color stability of sheepskin semi-finished products under operational influence. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;2(44):15–19. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 22.04.2026

Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Е. Н. Борисова, доктор технических наук, доцент

Ж. Ю. Койтова, доктор технических наук, профессор

В. А. Тимченко, кандидат технических наук

К. А. Перминова, аспирант

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.022 : 519.876.5

EDN JREUIX

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-32-37>

Петр Алексеевич Севостьянов¹

Татьяна Алексеевна Самойлова²

Илья Максимович Бурдин³

^{1,2,3} Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

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

² tasamo89@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2727-0011>

³ burd20@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0063-6952>

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗДИРАНИЯ СКЛЕЕННОГО МНОГОСЛОЙНОГО ПОЛОТНА

Аннотация. Построена компьютерная модель статистической имитации динамики сопротивления раздиранию изделия из двух склеенных слоев. Методом конечных элементов исследована область концентрации напряжения в области склеивания, определен участок начала раздирающего образца. Модель имитации распространения точки раздирающего образца основана на представлениях о движении гребня волны напряжения, достигающего предела прочности в локальной области разрыва. Учтено, что предел прочности может варьировать на разных участках траектории движения точки разрыва. Сравнение результатов моделирования с данными эксперимента по раздиранию полотна показали хорошее согласие между результатами эксперимента и моделирования.

Ключевые слова: клеевое соединение, раздирание, концентрация напряжения, динамика раздирающего, имитационное статистическое моделирование, многослойное полотно, точка разрыва

Для цитирования: Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Бурдин И. М. Компьютерное моделирование динамики раздирающего склеенного многослойного полотна // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 32–37. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-32-37>.

Original article

Petr A. Sevostyanov¹

Tatiana A. Samoilova²

Ilya M. Burdin³

^{1,2,3} Kosygin State University of Russia (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

COMPUTER SIMULATION OF THE DYNAMICS OF TEARING OF GLUED MULTILAYER FABRIC

Absrtact. A computer model was developed to statistically simulate the tear resistance dynamics of a product composed of two bonded layers. Using the finite element method, the stress concentration region in the bonding zone was investigated, and the onset of tearing was determined. The model for simulating the propagation of the tear point into the specimen is based on the concept of the movement of a stress wave crest reaching its ultimate strength in the localised tear region. It is taken into account that the ultimate strength may vary at different points along the tear point's trajectory. A comparison of modelling results with experimental data on fabric tearing revealed good agreement between the experimental and modelling results.

© Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Бурдин И. М., 2026

Keywords: *adhesive bond, tearing, stress concentration, tearing dynamics, statistical simulation, multilayer fabric, breaking point*

For citation: Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Burdin I. M. Computer simulation of the dynamics of tearing of glued multilayer fabric. *Technologies & Quality*. 2026. No 2(72). P. 32–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-32-37>.

Полотна из нескольких слоев разнородных материалов, соединенных клеями, находят широкое применение в различных отраслях промышленности и в бытовых изделиях [1, 2]. Основным показателем качества таких многослойных полотен является прочность соединения слоев при сохранении гибкости и упругости. Основным способом проверки клееного материала на прочность является испытание его образцов на раздираение в соответствии с ГОСТ [3–5]. Заметим, что испытанию на раздираение подвергаются не только изделия, полученные соединением нескольких слоев, но и однородные изделия, например тканые полотна [2, 6].

Толщины слоев материала и клеевого соединения могут варьироваться в зависимости от

назначения изделия. Например, для слоеного обувного материала, клееного из слоев войлока и полимерного материала, образец имеет длину 20 см при ширине 5 см и общей толщине $\sim 1,5$ см: $h_m = 0,6$ см войлока и $h_p = 0,8$ см полимера. Толщина слоя клея равна примерно $h_c = 0,1$ см. При склеивании клей проникает на некоторую глубину в слои материала. Назовем эти слои слоями адгезии и обозначим их толщины h_{mc} и h_{cp} , которые примерно равны $h_{mc} = h_{cp} = 0,1$ мм. При одном из вариантов крепления образца в зажимах разрывной машины образец с одного края не склеен на глубину примерно 10 см. Это позволяет отогнуть края образца и закрепить их в неподвижном и подвижном зажимах (рис. 1).

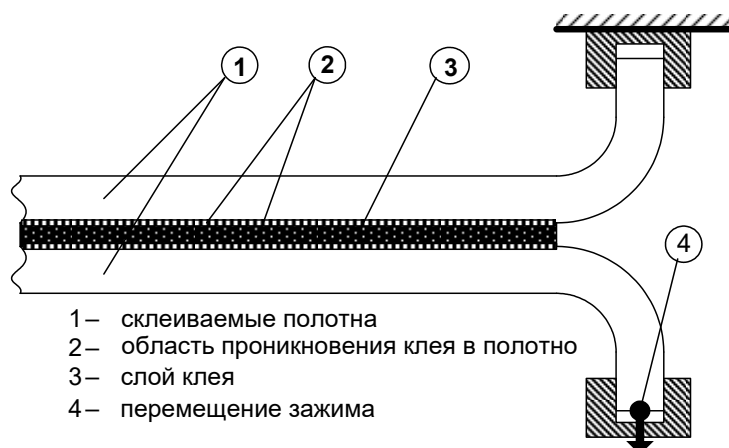


Рис. 1. Схема испытания клееного образца на раздираение

При испытании подвижный зажим перемещается с постоянной скоростью W , удаляясь от неподвижного зажима, и создает механическое напряжение $P(t)$ на границе соединения склеенных слоев образца [7–11]. Напряжение изменяется во времени t , отображая тем самым сопротивление материала раздираению. При известных оценках модулей упругости E и коэффициентов Пуассона μ для всех пяти слоев: войлока, клея, полимера и двух слоев адгезии, с помощью конечноэлементной модели, имитирующей прикладываемое к образцу нарастающее перемещение зажатого края, были установлены две важных особенности.

Во-первых, максимальное механическое напряжение возникает на стыке двух слоев с наименьшими модулями упругости. Это на-

пряжение примерно на порядок превышает напряжение во всех остальных точках образца. Для рассматриваемого случая наибольшее напряжение сосредотачивается в окрестностях границ «войлок – слой адгезии» и «слой адгезии – клей».

Во-вторых, в каждый момент времени испытания напряжение убывает от точки концентрации напряжения вглубь материала по экспоненциальному закону. Скорость убывания настолько велика, что длина участка распространения напряжения намного меньше длины испытываемого образца.

Рисунки 2 и 3 иллюстрируют оба вывода. На рисунке 2 показаны в увеличенном масштабе границы слоев на краю области склеивания и линии равного уровня для значений первого главного компонента σ_n тензора напряжений

в области концентрации напряжения. На рисунке 3 показано, как по мере перемещения подвижного зажима (время от начала испытаний выражено в долях 0; 0.1; 0.2; ...; 1 от длительности испытаний) нарастает распределение σ_{II} вдоль отрезка красного цвета, показанного на рисунке 2 и проходящего через область концентрации напряжения. Напряжение экспоненциально быстро уменьшается по мере удаления от точки своего максимума.

Движение точки происходит со скоростью звуковой волны [12] для среды распространения –

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{– и прекращается, когда энергия де-}$$

формации $W \sim 0,5 \frac{(Pb)^2}{E}$, накопленная в результате деформации материала до разрывной нагрузки Pb , не будет израсходована при движении точки разрыва вдоль перколяционной траектории разрыва. Здесь ρ – объемная плотность массы среды. Тем самым определяется глубина развития разрыва от его начала до конца участка траектории.

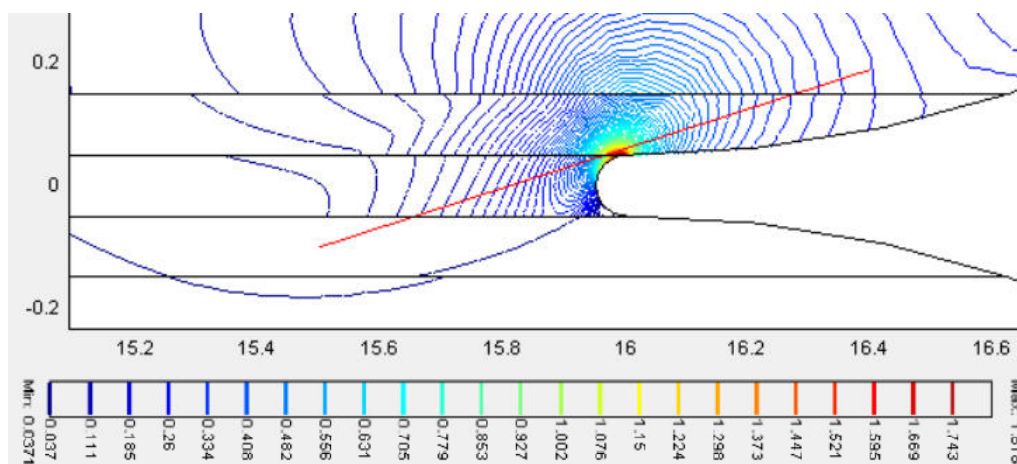


Рис. 2. Область концентрации напряжений на краю склеенных слоев*

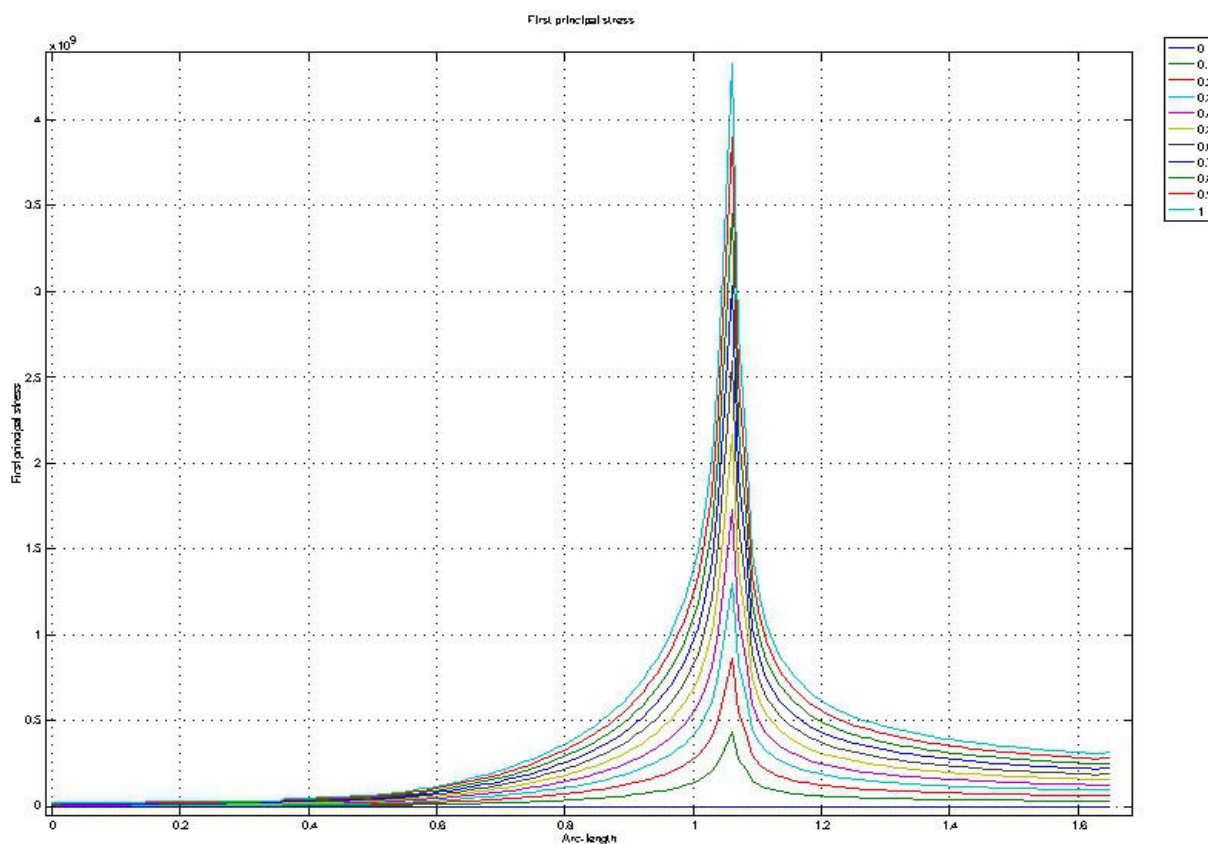


Рис. 3. Распределение 1-го главного компонента тензора напряжений в окрестности точки концентрации для разных моментов времени испытания*

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

Затем процесс возобновляется: в окрестности будущей новой точки разрыва накапливается энергия деформации, при достижении напряжения предельного значения Pb происходит разрыв материала в текущей области и начинается новый участок перколяционной траектории, продолжающий линию разрыва материала. Процесс продолжается, пока точка разрыва не достигнет противоположного края образца или остановки движения зажима.

Величина Pb в силу неоднородности материала слоя может варьировать относительно среднего значения для материала слоя. Зависимость Pb от координаты вдоль линии раздираания обозначим $Pb(x)$. Наибольшее напряжение распространяется вдоль линии разрыва, но из-за вариаций Pb разрыв происходит не сразу, а только когда напряжение достигнет значения Pb в точке x .

Отметим, что если различия в механических свойствах слоев значительны, точка разрыва продвигается вглубь материала в пределах одного и того же слоя, в котором образуется начальное нарушение целостности материала – начальная точка разрыва. При отсутствии значимых различий в средних значениях предельной нагрузки Pb у разных слоев склеенного материала и при достаточно больших – более 12 % – коэффициентах вариации значений предельной нагрузки траектория разрыва может переходить в соседний слой материала.

Исходя из описанного механизма раздираания клееного материала и динамики распространения точки разрыва вглубь материала была построена компьютерная имитационная модель процесса разрыва. Модель позволила получить зависимость силы сопротивления от момента времени t испытания, что позволит сравнить результаты модельных исследований и натурных испытаний образцов.

Распространение точки разрыва вглубь слоя можно рассматривать как волну в материальной среде, которую в простейшем случае описывает одномерное волновое уравнение [12] со скоростью перемещения волнового фронта v . Предполагается, что материал упругий и подчиняется закону Гука $P = E\varepsilon$ в пределах от нулевых значений ε и P до напряжения разрыва Pb и соответствующей ему деформации разрыва $\varepsilon_b = Pb/E$. В силу пропорциональности напряжения и деформации такое же волновое уравнение действует и для напряжения внутри слоя в диапазоне значений от нуля до величины разрывного напряжения. Оно описывает распространение волны напряжения вглубь слоя. Поскольку про-

тивоположный край образца не закреплен, отраженная волна отсутствует.

Особенностью задачи является перемещение границы, на которой возникает волна, – точки разрыва. При скорости W проникновения точки разрыва в слой материала координата границы равна $x = Wt$. Координата x отсчитывается от точки начала разрыва вглубь материала. В момент разрыва в точке x напряжение равно напряжению разрыва $Pb(x, t)$.

Скорость распространения напряжения вглубь материала v намного больше скорости W продвижения точки разрыва вдоль линии разрыва, что позволяет рассматривать процесс раздираания образца на разрывной машине как квазистатистический.

В этом случае ищем решение уравнения в виде произведения $\sigma(x, t) = \sigma(x) \cdot \varphi(t)$, где $\varphi(t)$ – безразмерная функция времени. Волновое уравнение приводит к обыкновенному дифференциальному уравнению для функции $\sigma(x)$:

$$\frac{d^2\sigma(x)}{dx^2} + \frac{a}{v^2}\sigma(x) = P(x, t),$$

здесь $a > 0$ – некоторая константа;

$P(x, t)$ – внешнее воздействие на материал в точке разрыва x для момента времени t , вызванное перемещением подвижного зажима.

Перейдем к дискретным переменным, чтобы реализовать модель развития деформации в виде компьютерной программы. При этом учтем взаимосвязь между квантованными переменными координаты и времени $x = Wt \rightarrow \Delta x = W \cdot \Delta t$.

В алгоритм решения введем условие, что при достижении величиной напряжения $P(x)$ предельного для этого участка материала значения Pb функция напряжения претерпевает скачок к более низкому значению, которое и является начальным условием для следующего этапа распространения деформации и разрыва вглубь материала.

Компьютерная модель была реализована в Matlab. На рисунке 4 показан пример динамики изменения сопротивления материала. Верхний график получен в результате моделирования, нижний график – результат, зарегистрированный при «натурном» испытании образца полотна на разрывной машине. Сравнение графиков показывает, что построенная модель адекватно передает динамику процесса раздираания образца, хотя имеются различия в частоте следования пиков в вариациях силы сопротивления раздираанию $P(t)$.

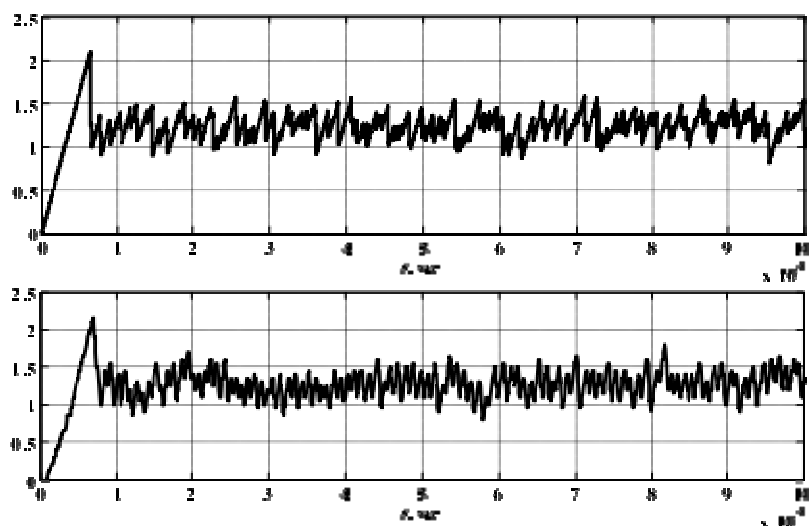


Рис. 4. Динамика разрыва вдоль слоя клееного материала

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Орешко Е. И., Ерасов В. С., Подживотов Н. Ю. Выбор схемы расположения высокомодульных слоев в многослойной гибридной пластине для ее наибольшего сопротивления потере устойчивости // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. № S4. С. 109–117.
- Исследование технологического процесса выработки двухслойной ткани, обладающей максимальной прочностью на раздирание / С. С. Юхин, М. В. Назарова, С. Ю. Бойко, Т. Л. Фефелова // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 4(382). С. 84–88.
- ГОСТ Р ИСО 2411–2014. Материалы текстильные. Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Метод определения адгезии покрытия. М. : Стандартинформ, 2025. 11 с.
- ГОСТ ISO 2411–2025. Материалы с резиновым или пластмассовым покрытием. Определение адгезии покрытия (ISO 2411:2025). М. : Российский институт стандартизации, 2025. 12 с.
- ГОСТ 32316.1–2012. Метод определения сопротивления раздиру клеевого соединения. М. : Стандартинформ, 2019. 12 с.
- Севостьянов П. А. Компьютерные модели статистической механики волокнистых материалов : монография. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2023. 250 с.
- Ерасов В. С., Орешко Е. И. Силовой, деформационный и энергетический критерии разрушения // *Труды ВИАМ*. 2017. № 10(58). С. 97–111.
- Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения твердых тел. СПб. : Профессия, 2002. 320 с.
- Матвиенко Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения. М. : Физматлит, 2006. 328 с.
- Маркочев В. М., Алымов М. И. О теории хрупкого разрушения Я. Френкеля и А. Гриффитса // *Чебышевский сборник*. 2017. Т. 18, вып. 3. С. 377–389.
- Тарасевич Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. 2-е изд. М. : Либроком, 2011. 112 с.
- Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. 5-е изд., стер. М. : Наука, 1977. 735 с.

REFERENCES

- Oreshko E. I., Yerasov V. S., Podzhivotov N. Yu. Selection of the arrangement scheme of high-modulus layers in a multilayer hybrid plate for its greatest resistance to loss of stability. *Aviacionnye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies]. 2014;S4:109–117. (In Russ.)
- Yukhin S. S., Nazarova M. V., Boyko S. Yu., Fefelova T. L. Study of the technological process of producing two-layer fabric with maximum tear strength. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2019;4(382):84–88. (In Russ.)
- GOST R ISO 2411–2014. *Materialy tekstil'nye. Tkani s rezinovym ili plastmassovym pokrytiem. Metod opredeleniya adgezii pokrytiya* [State Standard R ISO 2411–2014. Textile materials. Fabrics with rubber or plastic coating. Method for determination of coating adhesion]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russ.)

4. *GOST ISO 2411–2025. Materialy s rezinovým ili plastmassovým pokrytím. Opredelenie adhezii pokrytiya* [State Standard ISO 2411:2025. Rubber- or plastic-coated materials. Determination of coating adhesion]. Moscow, Rossijskij institut standartizacii Publ., 2025. (In Russ.)
5. *GOST 32316.1–2012. Metod opredeleniya soprotivleniya razdiru kleeвого soedineniya* [State Standard 32316.1–2012. Method for determining the tear resistance of adhesive joints]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 12 p. (In Russ.)
6. Sevostyanov P. A. Computer models of statistical mechanics of fibrous materials. Moscow, Ross. St. Univ. named after A. N. Kosygin Publ., 2023. 250 p. (In Russ.)
7. Yerasov V. S., Oreshko E. I. Force, deformation and energy criteria of destruction. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM]. 2017;10(58):97–111. (In Russ.)
8. Pestrikov V. M., Morozov E. M. Fracture mechanics of solids. Saint Petersburg, Professiya Publ., 2002. 320 p. (In Russ.)
9. Matvienko Yu. G. Models and criteria of fracture mechanics. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 328 p. (In Russ.)
10. Markochev V. M., Alymov M. I. On the theory of brittle fracture by J. Frenkel and A. Griffiths. *Chebyshevskij sbornik* [Chebyshev collection]. 2017;18,3:377–389. (In Russ.)
11. Tarasevich Yu. Yu. Percolation: theory, applications, algorithms. Moscow, Librocom Publ., 2011. 112 p. (In Russ.)
12. Tikhonov A. N., Samarskij A. A. Equations of mathematical physics. Moscow, Nauka Publ., 1977. 735 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.02.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

П. А. Севостьянов, доктор технических наук, профессор

Т. А. Самойлова, кандидат технических наук, доцент

И. М. Бурдин, аспирант

Научная статья

УДК 677.017

EDN EFZIWK

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-38-43>

Юрий Степанович Шустов¹

Тимофей Викторович Зиновьев²

Виктор Павлович Зиновьев³

¹ Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

² ООО «Точные детали», Москва, Россия

³ Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна, Москва, Россия

¹ 6145263@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-0740-4572>

³ <https://orcid.org/0000-0001-8244-2336>

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ ОДИНОЧНОЙ ПРЯЖИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА КРУТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Аннотация. В статье дается аналитическое обоснование выбора численных значений параметров математической модели объемной плотности пряжи от степени ее скрученности с целью оптимизации чувствительности математического аппарата, использованного в модели. Также проводится анализ свойств функциональной зависимости объемной плотности пряжи от коэффициента крутки на отсутствие разрывов функции в диапазоне наиболее часто встречающихся значений независимой переменной. Научная новизна и интерес настоящей работы заключается в решении задачи выбора наиболее оптимальных значений параметров, используемых в математической модели для достижения ее максимальной чувствительности к изменениям независимого фактора (коэффициента крутки). Главной целью настоящего аналитического исследования являлось доказательство адекватной работоспособности предложенной автором математической модели на всем диапазоне применяемых значений коэффициента крутки и отсутствия разрывов в предлагаемой математической модели.

Ключевые слова: пряжа, поперечник (диаметр) пряжи, волокна, объемная плотность пряжи, линейная плотность пряжи, гексагональное расположение волокон, сечение пряжи

Для цитирования: Шустов Ю. С., Зиновьев Т. В., Зиновьев В. П. Аналитическое исследование зависимости объемной плотности одиночной пряжи от коэффициента крутки для создания математической модели // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 38–43. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-38-43>.

Original article

Yuri S. Shustov¹

Timofey V. Zinovyev²

Viktor P. Zinovyev³

¹ Kosygin State University of Russia (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

² LLC “Exact details”, Moscow, Russia

³ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ANALYTICAL STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE VOLUME DENSITY OF A SINGLE YARN ON THE TWIST COEFFICIENT TO CREATE A MATHEMATICAL MODEL

Abstract. This article provides an analytical justification for the choice of numerical values of the parameters of a mathematical model of the volumetric density of yarn from the degree of its twisting in order to optimise the sensitivity of the mathematical apparatus used in the model. The analysis of the properties of the functional dependence of the volumetric density of yarn on the twist coefficient for the absence of function breaks in the range of the most common values of the independent variable is also carried out. The scientific novelty and interest of this work lies in solving the problem of choosing the most optimal values of param-

ters used in a mathematical model to achieve its maximum sensitivity to changes in an independent factor (twist coefficient). The main objective of this analytical study was to prove the adequate performance of the mathematical model proposed by the author (1) over the entire range of applied values of the twist coefficient and the absence of discontinuities in the proposed mathematical model.

Keywords: yarn, yarn diameter, fibres, yarn volume density, linear yarn density, hexagonal fibre position, yarn cross section

For citation: Shustov Yu. S., Zinoviev T. V., Zinoviev V. P. Analytical study of the dependence of the volume density of a single yarn on the twist coefficient to create a mathematical model. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 38–43. (In Russ.) [https://doi.org/ 10.34216/2587-6147-2026-2-72-38-43](https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-38-43).

В работе [1] содержатся результаты исследований, проведенных с целью определения объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи в зависимости от коэффициента крутки. Предложенная в статье модель имеет вид:

$$\gamma(T_{\phi}, \alpha_{\phi}) = \gamma_0 + [\gamma(T_{\phi}, \alpha_t) - \gamma_0] K_1 \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_{\phi}^2} \right), \quad (1)$$

где $\gamma(T_{\phi}, \alpha_{\phi})$ – объемная плотность исследуемой пряжи линейной плотности T_{ϕ} с фактическим коэффициентом крутки α_{ϕ} ;

γ_0 – объемная плотность ровницы, из которой была получена данная пряжа (принимается одинаковой для любого вида пряжи: гребенной или кардной, так как в ровнице преобладают воздушные промежутки и значение γ_0 существенно меньше, чем объемная плотность пряжи);

$\gamma(T_{\phi}, \alpha_t)$ – объемная плотность исследуемой пряжи рассматриваемой линейной плотности и состава, но при степени скрученности, соответствующей табличному значению, т. е. при α_t ;

K_1, K_2 – параметры, зависящие от сырьевого состава пряжи;

Показатель $\gamma(T_{\phi}, \alpha_t)$ определяется по формуле, предложенной в работе [1]:

$$\gamma(T_{\phi}, \alpha_t) = \gamma_t \left(\frac{T_t}{T_{\phi}} \right)^m, \quad (2)$$

где γ_t – табличное значение объемной плотности пряжи при $T_t = 84$ текс, $\alpha_t = 41$;

m – параметр, характеризующий тонины, извитость волокон и упорядоченность структуры пряжи [1, табл. 1] (определен экспериментально для различных сортов волокон шерсти, находится в диапазоне $0,19 < m < 0,24$).

Приведенный в литературе [1–3] материал имеет важное практическое значение для расче-

та диаметра пряжи при проектировании текстильных материалов: тканей и трикотажа, однако в статьях ничего не сказано о надежности применения данной модели в диапазоне наиболее широко применяемых значений коэффициента крутки. Остается открытым вопрос об устойчивости результатов расчетов по указанной модели и их корректности при значительном изменении коэффициента крутки, а также о ее чувствительности к изменению этого фактора.

Имея в виду вышесказанное, представляется актуальной задачей проведение анализа предлагаемой зависимости на устойчивость и корректность результатов расчетов.

Качественная картина зависимости объемной плотности пряжи от степени ее скрученности (коэффициента крутки) представлена на рисунке 1.

На рисунке изображены для сравнения две области возможных значений объемной плотности двух видов пряжи: хлопчатобумажной и шерстяной. Эти области представляют собой пространства, ограниченные линиями 1 и 2 для хлопка и 3 и 4 для шерсти. Это значит, что все множества пряж из хлопка или шерсти, которые только возможно произвести, располагаются внутри области с указанными границами.

На рисунке 1 отмечено положение табличного значения коэффициента крутки α_t , которое принимает различные значения для хлопка или шерсти.

Представим себе, что и для хлопковых, и для шерстяных волокон мы выбрали значение α_t (Хлопок).

В этом случае диапазон возможных значений объемной плотности хлопчатобумажной пряжи $\Delta\gamma$ (Хлопок) представлен отрезком ab (см. рис. 1). Диапазон изменения этого же показателя при том же значении α_t для шерсти существенно меньше. Он представлен отрезком cd . Поэтому определить точное значение $\gamma(\alpha_t)$ для хлопка в этом случае проще. Если, наоборот, для расчетов взять значение α_t (Шерсть), которое на рисунке 1 показано отрезком ef , то для шерстяной пряжи можно обеспечить хорошую

точность определения $\gamma(\alpha_i)$. Для хлопковой пряжи точность определения $\gamma(\alpha_i)$ будет неудовлетворительная. Это вызвано тем, что в таком узком диапазоне значений (отрезок gh на ри-

сунке 1), который получится в этом случае для хлопка, трудно отделить одну пряжу от другой, так как все кривые лежат слишком близко друг к другу.

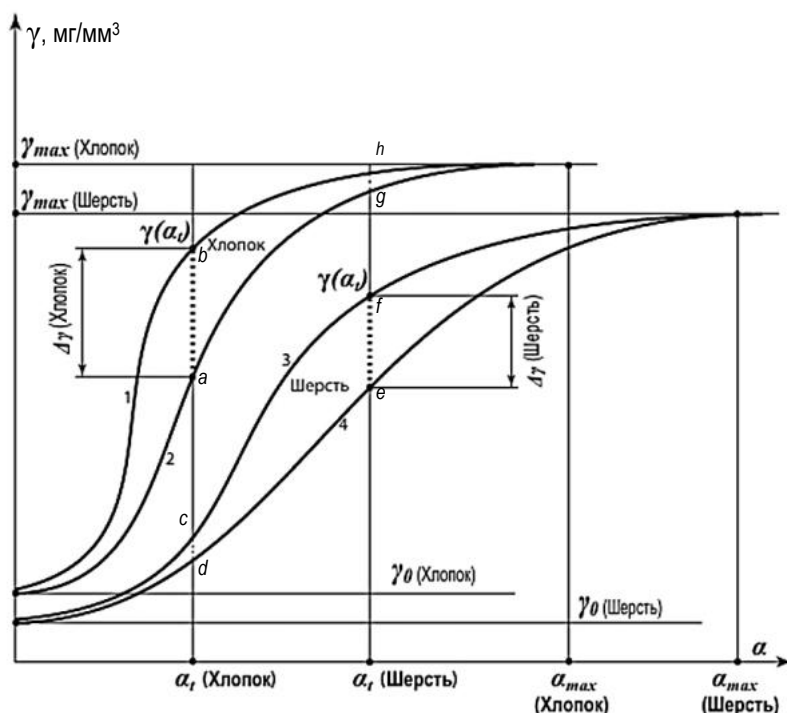


Рис. 1. Влияние вида волокон на форму и размеры кривых зависимости объемной плотности пряжи от коэффициента крутки

Поэтому для различных видов волокон табличное значение коэффициента крутки должно быть разным. В этом случае неизбежно встает вопрос о том, как определить это табличное значение для того или иного вида волокон, чтобы было легче отделить одну пряжу от другой.

Отделить одну пряжу от другой значит доказать значимость различия средних значений объемной плотности двух или нескольких праж со статистической точки зрения. Так как пряжа, как и большинство текстильных волокнистых материалов, обладает существенной неравномерностью по своим свойствам, то для доказательства гарантированной разницы в средних значениях необходимо, чтобы размах случайной величины был меньше диапазона ее возможных значений. И чем меньше этот размах или больше диапазон, тем заметнее разница в средних значениях исследуемой случайной величины. Таким свойством кривые обладают в точке перегиба, поэтому выбор табличного значения коэффициента крутки должен быть в окрестностях этой точки.

Определение значения аргумента в точке перегиба сводится к определению экстремума первой производной от исследуемой зависимости. В данном случае речь идет о максимуме первой

производной и соответственно значении аргумента, при котором этот максимум достигается.

Исследуемой функцией является функция (3), полностью аналогичная выражению (1), но имеющая более простые обозначения переменных для лучшего восприятия и программирования в среде Mathcad [4], где проводились расчеты:

$$\gamma(\alpha) = \gamma_b + (\gamma_1 - \gamma_b) K_1 \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha^2} \right). \quad (3)$$

Первая производная этой функции равна

$$\psi(\alpha) = \frac{d\gamma(\alpha)}{d\alpha} = \frac{(\gamma_1 - \gamma_b) \cdot 2\alpha K_2}{(K_2 + \alpha^2)^2}, \quad (4)$$

а геометрическая интерпретация поиска экстремума [5] представлена на рисунке 2.

Максимум производной достигается при $\alpha_{\max} = 15,77$, но необходимо учесть технологические ограничения, которые заключаются в том, что в соответствии с данными [6] для достижения устойчивости процесса формирования пряжи коэффициент крутки должен быть больше 25. Поэтому выбираем α_i в диапазоне 25...35, что достаточно близко к 25. При этом соблюдаются одновременно и технологические ограничения с точки

зрения устойчивости процесса формирования пряжи (обрывность в норме) и формальные для достижения наибольшей чувствительности предлагаемой математической модели.

Рисунок 2 иллюстрирует поведение одной единственной пряжи, для которой справедливы рассчитанные коэффициенты K_1 и K_2 . Однако

для обоснования правильности выбора табличного значения коэффициента крутки α_t следует проанализировать изменение графика объемной плотности пряжи не только в зависимости от коэффициента крутки, но и от наиболее влияющего параметра K_2 . Такой анализ легко провести, построив двумерную модель, как на рисунке 3.

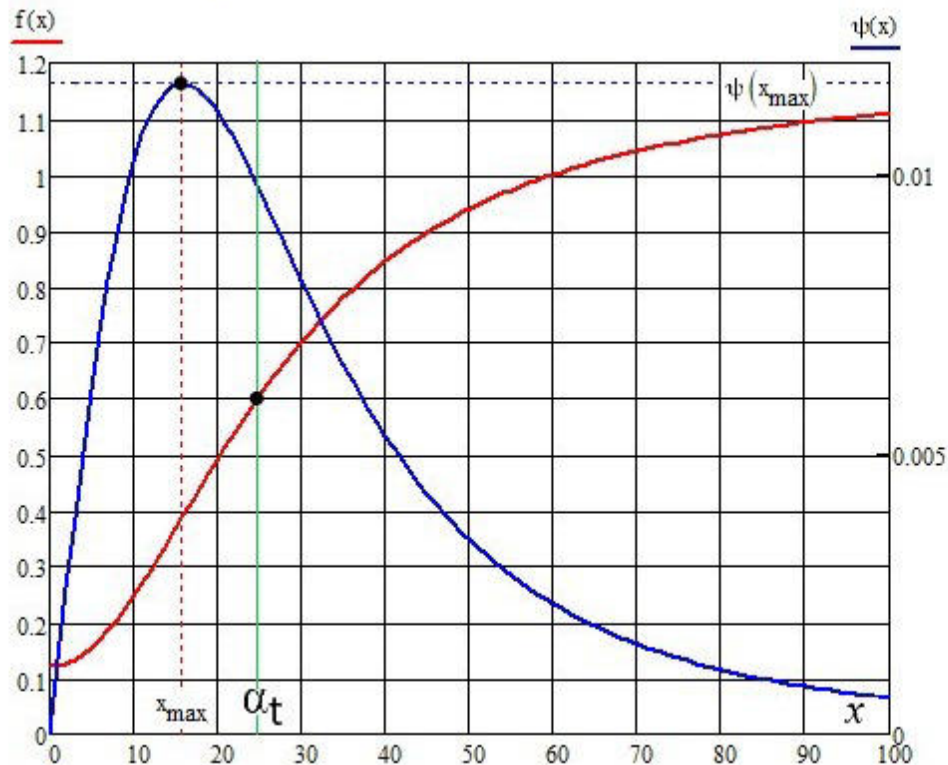


Рис. 2. Обоснование выбора табличного значения коэффициента крутки (значения графика первой производной отложены по дополнительной оси ординат)

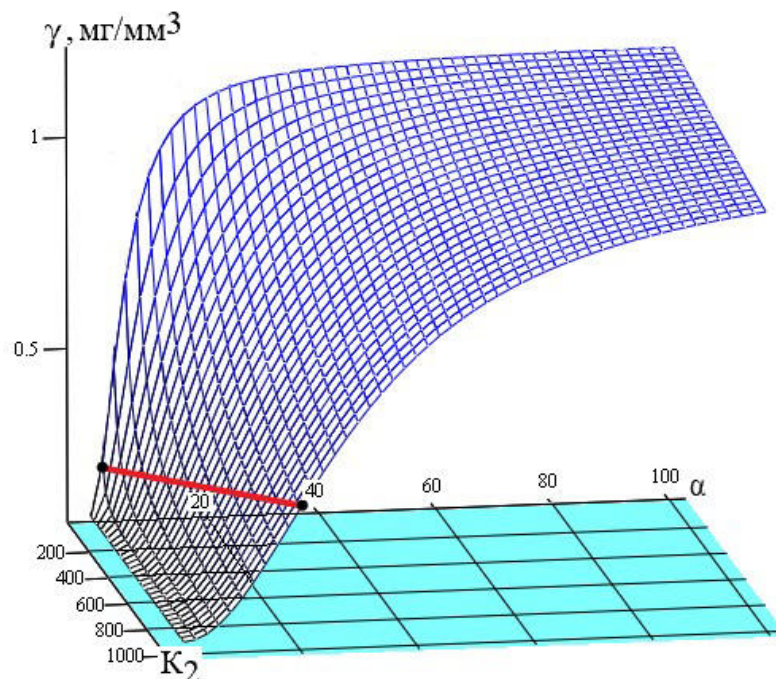


Рис. 3. Двумерная модель объемной плотности пряжи в зависимости от коэффициента крутки α и параметра модели K_2

Из рисунка 3 хорошо видно, что точка перегиба у семейства графиков, построенных в одних и тех же осях, перемещается по утолщенной линии в сторону увеличения коэффициента крутки при возрастании коэффициента K_2 с одновременным уменьшением «крутизны» графиков. Однако это перемещение не выходит за рамки значений коэффициента крутки, равного 25. Поэтому выбранное табличное значение степени скрученности для хлопчатобумажной пряжи на уровне $\alpha_i = 25$ можно считать обоснованным и оптимальным.

Кроме того, рисунок 3 показывает, что на всем диапазоне изменения коэффициента крутки графики не меняют своего принципиального характера, оставаясь гладкими (без разрывов).

Это свидетельствует об устойчивости предложенной математической модели [7] к значительным колебаниям независимого фактора, что позволяет судить о надежности получаемых результатов расчетов.

ВЫВОДЫ

1. Доказана работоспособность и оптимальность предлагаемой математической модели на всем диапазоне используемых в производстве значений коэффициента крутки пряжи.

2. Полученные данные имеют научную новизну.

3. Результаты могут быть использованы при расчете диаметра пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Метод расчета объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи / Н. А. Осьмин, Т. В. Зиновьев, В. В. Мельников, В. П. Зиновьев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. № 2(260). С. 45–49.
2. Влияние линейной плотности хлопчатобумажной пряжи на ее объемную плотность и диаметр поперечного сечения / И. В. Оленина, Ю. С. Шустов, В. П. Зиновьев, В. И. Рубцов, А. Н. Тимошенко, О. В. Исаев, А. Г. Сеитова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 120–124.
3. Инженерный расчет равновесности крученой хлопчатобумажной пряжи / И. В. Оленина, Ю. С. Шустов, В. П. Зиновьев, В. И. Рубцов, А. Н. Тимошенко, О. В. Исаев, А. Г. Сеитова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4(406). С. 122–127.
4. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: учебный курс. СПб. : Питер, 2011. 400 с.: ил.
5. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. 13-е изд., испр. М. : Наука, 1986. 544 с.
6. Справочник по хлопкопрядению / В. П. Широков, Б. М. Владимиров, Д. А. Полякова [и др.]. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1985. 472 с.
7. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М. : Легкая индустрия, 1980. 392 с.

REFERENCES

1. Osmine N. A., Zinoviev T. V., Melnikov V. V., Zinoviev V. P. Method of calculating the volumetric density and diameter of hardware wool yarn. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2001;2(260):45–49. (In Russ.)
2. Olenina I. V., Shustov Yu. S., Zinoviyev V. P., Rubtsov V. I., Timoshenko A. N., Isaev O. V., Seitova A. G. Influence of linear density of cotton yarn on its volumetric density and cross-sectional diameter. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;3(405):120–124. (In Russ.)
3. Olenina I. V., Shustov Yu. S., Zinoviev V. P., Rubtsov V. I., Timoshenko A. N., Isaev O. V., Seitova A. G. Engineering calculation of the equilibrium of twisted cotton yarn. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;4(406):122–127. (In Russ.)
4. Makarov E. G. Engineering calculations in Mathcad 15. St. Petersburg, Piter Publ., 2011. 400 p. (In Russ.)
5. Bronstein I. N., Semendyaev K. A. Handbook of imathematics for engineers and university participants. Moscow, Nauka Publ., 1986. 544 p. (In Russ.)

6. Shirokov V. P., Vladimirov B. M., Polyakova D. A. et al. Handbook of cotton spinning. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1985. 472 p. (In Russ.)
7. Sevostyanov A. G. Methods and means of research of mechanical and technological processes of the textile industry. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1980. 392 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 18.03.2026

Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ю. С. Шустов, доктор технических наук, профессор

Т. В. Зиновьев, ведущий специалист ООО «Точные детали»

В. П. Зиновьев, кандидат технических наук

Обзорная статья

УДК 678.06:547.96

EDN IZMZWU

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-44-51>

Павел Николаевич Рудовский¹

Светлана Геннадьевна Смирнова²

Андрей Юрьевич Смирнов³

^{1,2,3} Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹ pavel_rudovsky@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

² SW_Smirnova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0029-497X>

³ a.n.d.r.e.u.k.a@list.ru; <https://orcid.org/0009-0003-7183-6358>

КОМПОСТИРУЕМЫЕ КОМПОЗИТЫ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН С ГЛЮТЕНОВОЙ МАТРИЦЕЙ

Аннотация. В обзоре систематизированы современные данные о компостируемых композиционных материалах на основе глютенной матрицы, армированной натуральными волокнами растительного и животного происхождения. Рассмотрены прочностные, упругие, демпфирующие, изоляционные и гидрофобные свойства таких материалов, проанализированы ключевые технологические подходы к их получению (горячее прессование, экструзия, литье под давлением, 3D-печать). Особое внимание уделено перспективным областям применения – от упаковки и сельского хозяйства до строительства и электроники. Рассмотрено использование глютенов животного происхождения (желатин, коллаген, кератин, белки молочной сыворотки) в качестве биоразлагаемой матрицы для композитов.

Ключевые слова: компостируемые композиты, пшеничный глютен, глутены животного происхождения, натуральные волокна, биоразлагаемость, прочность, демпфирование, горячее прессование, экструзия

Для цитирования: Рудовский П. Н., Смирнова С. Г., Смирнов А. Ю. Компостируемые композиты из натуральных волокон с глютенной матрицей // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 44–51. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-44-51>.

Review article

Pavel N. Rudovsky¹

Svetlana G. Smirnova²

Andrey Yu. Smirnov³

^{1,2,3} Kostroma State University, Kostroma, Russia

COMPOSTABLE COMPOSITES FROM NATURAL FIBERS WITH GLUTEN MATRIX

Abstract. The review systematises current data on compostable composite materials based on gluten matrix reinforced with natural fibres of plant and animal origin. The strength, elastic, damping, insulating, and hydrophobic properties of such materials are considered, the key technological approaches to their production (hot pressing, extrusion, injection moulding, 3D-printing) are analysed. Special attention is paid to promising areas of application – from packaging and agriculture to construction and electronics. A separate section is devoted to the use of animal-derived glutens (gelatine, collagen, keratin, whey proteins) as biodegradable matrix for composites.

Keywords: compostable composites, wheat gluten, animal-derived glutens, natural fibres, biodegradability, strength, damping, hot pressing, extrusion

For citation: Rudovsky P. N., Smirnova S. G., Smirnov A. Yu. Compostable composites from natural fibers with gluten matrix. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 44–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-44-51>.

Проблема накопления неразлагающихся полимерных отходов и истощение запасов нефти стимулируют переход от линейной экономики к экономике замкнутого цикла. Согласно прогнозам, к 2026 году мировое производство пластиковых изделий достигнет 600 млн т, что требует срочного поиска экологически безопасных альтернатив синтетическим полимерам. Одним из перспективных направлений является создание биоразлагаемых композиционных материалов, в которых как матрица, так и армирующий наполнитель имеют природное происхождение [1–5].

Пшеничный глютен – побочный продукт мукомольной и биоэтанольной промышленности – привлекает внимание как доступная биоразлагаемая и нетоксичная матрица для полимерных композитов [6, 7]. Глютен представляет собой сложную смесь белков, преимущественно глиадинов и глютенинов, и обладает способностью к термоиндуцированной сшивке с образованием пространственной сетки [8]. Его стоимость крайне низка (менее 1 доллара за кг), а механические свойства отвержденного глютена сопоставимы с эпоксидными смолами [9]. В то же время натуральные волокна (льняные, пеньковые, джутовые, банановые, кокосовые и др.) служат идеальными армирующими компонентами, повышающими прочность и жесткость материала [7, 10]. Композиты на основе глютена и натуральных волокон могут стать экологичной альтернативой нефтехимическим пластикам в широком спектре применений – от упаковки и одноразовой посуды до автомобильных панелей и печатных плат [9].

Помимо растительных белков, значительный интерес представляют глутены животного происхождения – желатин, коллаген, кератин,

белки молочной сыворотки [11]. Эти белки являются побочными продуктами пищевой и перерабатывающей промышленности и обладают ценными свойствами: они биоразлагаемы, биосовместимы, нетоксичны и способны к термопластичной переработке. Однако, как и растительные белки, они имеют ограниченную механическую прочность и высокую гидрофильность, что делает необходимым их армирование волокнистыми наполнителями [11]. Рассмотрим некоторые из них.

Желатин – продукт, полученный из тканей животных, основой которого служит коллаген, белок, содержащийся в костях, коже, хрящах и соединительных тканях млекопитающих (коровы, свиньи). Рыбный желатин получают из возобновляемого сырья – чешуи рыб; он более биологически безопасен и обладает повышенной прочностью и адгезией к биологическим тканям по сравнению с животным желатином [12].

Композиты на основе желатина и натуральных волокон демонстрируют высокие механические характеристики. Композит шелковое волокно/желатин (20 мас. % волокна), полученный методом компрессионного формования, показал предел прочности при растяжении 44,5 МПа, модуль упругости 0,65 ГПа, предел прочности при изгибе 63 МПа, модуль упругости при изгибе 3,7 ГПа, ударную вязкость 5,1 кДж/м² и твердость 96 по Шору А [13]. Испытания на биоразлагаемость показали, что композит теряет 52,1 % массы за 24 часа.

Коллаген является структурным белком, наиболее распространенным в животном мире. Он содержится в коже, белой соединительной ткани и костях животных. Механические свойства коллагена существенно зависят от масштаба (табл.)

Т а б л и ц а

Механические свойства коллагена на разных масштабных уровнях

Уровень организации	Прочность при растяжении	Модуль упругости (Юнга)	Относительное удлинение
Молекула/Фибрилла	~0,22 ГПа (предел текучести)	(0,86 ± 0,45) ГПа (при малых деформациях)	До 100 %
Волокно (единичное)	~2 ГПа (расчетное)	1,0...5,4 ГПа	~10 %
Ткань (сухожилие)	30...100 МПа	0,4...1,2 ГПа	6...30 %
Ткань (кость)	~100 МПа	10...20 ГПа	0,5...1,0 %
Пленка (реконструированная)	0,32...0,91 МПа	(2,09 ± 0,42) МПа (для сети фибрилл)	(37,1 ± 2,2) % (для сети фибрилл)

Кератин – белок, содержащийся в шерсти, волосах, перьях и рогах животных. Он обладает высокой механической прочностью и устойчивостью к химическому воздействию. Композиты на основе кератина и натуральных волокон исследуются для создания биоразлагаемых материалов с улучшенными механическими свойствами. Кератин является одним из перспектив-

ных материалов для создания «искусственных» резиновых/белковых композитов, обладающих такими преимуществами, как низкая стоимость, легкость, биоразлагаемость и высокая доступность [11].

Растительные глутены (пшеничный, кукурузный) и глутены животного происхождения (желатин, коллаген, кератин) имеют как

общие черты, так и различия. Все они биоразлагаемы, нетоксичны, доступны в больших количествах как побочные продукты промышленности и требуют армирования волокнами для улучшения механических свойств [11]. Однако белки животного происхождения часто обладают лучшей биосовместимостью и могут быть получены с более высокой чистотой, что важно для медицинских применений. С другой стороны, растительные глютенны могут быть более дешевыми и доступными в больших масштабах. Выбор типа белка зависит от конкретного применения и требуемых свойств композита. Интересным направлением является создание гибридных композитов на основе смеси растительных и животных белков для достижения синергетического эффекта [11].

Механические характеристики композитов определяются типом волокна, его объемной долей, длиной и ориентацией, а также методом получения материала и условиями формования [7, 10]. Введение натуральных волокон в пластифицированный глютен приводит к значительному улучшению механических характеристик.

Исследования показывают, что добавление волокон конопли и древесины увеличивает прочность на разрыв и модуль Юнга, хотя и снижает относительное удлинение при разрыве [9].

Наиболее высокие показатели прочности достигаются при использовании однонаправленных льняных волокон. Методом препреговой технологии с последующим компрессионным формованием получены композиты с изгибным модулем 12 ГПа, прочностью 117 МПа и деформацией при разрушении около 1,3 % при объемной доле волокна 35 % [8, 14].

Примечательно, что в отсутствие пластификатора или при его низких концентрациях высокотемпературное компрессионное формование глютенна позволяет получить жесткие стеклообразные материалы с модулем упругости около 3,8 ГПа и прочностью 47 МПа, сопоставимые со свойствами эпоксидных смол [15, 16].

Демпфирующие свойства композитов на основе глютенна исследованы в меньшей степени, однако имеющиеся данные свидетельствуют о возможности создания материалов с высокими вязкоупругими характеристиками. Полученные смеси по работе разрушения и прочности существенно превосходят полистирол, сохраняя изгибную жесткость выше 3 ГПа [7]. Этот подход открывает возможности для создания демпфирующих композитов на основе глютенна, которые могут найти применение в вибро- и звукоизоляции.

Ряд авторов также отмечает, что глютенные материалы обладают звукопоглощающими свойствами [18]. Пенокомпозиты на основе глютенна, благодаря своей пористой структуре, могут проявлять улучшенные демпфирующие характеристики. Пенообразные материалы на основе глютенна, полученные различными методами (расширение в печи, компрессионное формование и экструзия), демонстрируют плотность около 400 кг/м³ с однородным распределением пор по размерам [18].

Высокая гидрофильность глютенна является одним из основных ограничений для его практического применения [6, 7]. Биокompозитные материалы, содержащие компоненты природного происхождения, обладают низкой стойкостью к водопоглощению, что приводит к быстрому разрушению изделий в условиях повышенной влажности [19]. Водопоглощение пенокомпозитов на основе глютенна может достигать 110...270 % [20].

Для снижения водопоглощения применяют несколько стратегий. Химическая модификация с помощью сшивающих агентов (лимонная кислота, экстракт лимона, танины, эпокси-дированное соевое масло) увеличивает плотность сшивки белковых цепей, уменьшая проникновение воды [9]. Добавление гидрофобных наполнителей также уменьшает водопоглощение: введение 6 мас. % угля из глютенна снижает водопоглощение на 38 %. Введение органоглины (Cloisite 30B) в глютенную матрицу методом литья из раствора улучшает барьерные свойства и повышает гидрофобность поверхности [21].

Значительного улучшения гидрофобности удалось достичь при введении гидрофобных добавок. Использование олифы «Оксол» в оптимальном количестве обеспечило увеличение прочности на сжатие на 12...15 % по сравнению с немодифицированными биокompозитными материалами [19]. Введение 4 мас. ч. парафина на 100 мас. ч. биополимерной матрицы увеличило прочность на сжатие в 2,8...4,6 раза. Применение защитных гидрофобных покрытий на основе раствора парафина обеспечило снижение водопоглощения на 45...50 % по сравнению с покрытиями на основе воска, олифы Оксол и подсолнечного масла [22].

Введение липидов (например, олеиновой кислоты) в пластификатор (глицерин) позволяет снизить скорость пропускания водяного пара и водопоглощение в 1,5...3 раза [23]. Введение 15 % пчелиного воска в композитную пленку на основе глютенна обеспечило наименьшую скорость пропускания водяного пара

($0,76 \cdot 10^{-12}$ г/см·с·Па) и наибольший краевой угол смачивания ($86,18^\circ$) [20].

Ключевым преимуществом глютенных композитов является их способность к полной биodeградации [8, 21]. Продолжительность деградации варьируется в зависимости от состава и технологии получения: от 9 суток для экструдированной глютенной пленки до 30 суток для литьевого композита и до 180 суток для композитов, полученных компрессионным формованием [9]. Неармированный глютен разлагается в почве в течение 50 дней, а композиты с волокнами конопли полностью деградируют через 180 дней в условиях фермерской почвы [8].

Важно отметить, что продукты деградации нетоксичны для растений: при выращивании газонной травы на почве с захороненными фрагментами композитов не наблюдалось зон отчуждения, а всхожесть и рост растений не отличались от контрольных образцов.

Компрессионное формование является наиболее распространенным методом получения жестких глютенных композитов [7, 10]. Процесс включает прессование смеси глютена и волокон при температуре $100...130^\circ\text{C}$ под давлением. Исследования показывают, что повышение температуры формования с 110 до 130°C способствует образованию межмолекулярных дисульфидных связей между белковыми цепями, что увеличивает максимальное напряжение композита [10].

Для получения композитов с однонаправленным армированием разработана препреговая технология, включающая сухое расчесывание волокон, увлажнение для повышения прямолинейности, нанесение порошка глютена на поверхность волокон и последующее компрессионное формование [14]. В «сухом» методе смешивают порошкообразный глютен и волокна, после чего формуют под давлением. «Мокрый» метод, в котором используется водно-этанольный раствор для частичного растворения глютена, обеспечивает наилучшее смачивание волокон и значительно повышает механические свойства композитов [8].

Экструзия является промышленно приемлемым методом получения глютенных биопластиков. Важной особенностью является возможность водной экструзии при низких температурах ($70...90^\circ\text{C}$), что позволяет сохранить длину армирующих волокон и снизить энергозатраты.

Температура экструзии критически влияет на распределение волокон: повышение температуры приводит к увеличению сдвиговых напряжений вследствие сшивки глютена, что способ-

ствует лучшему диспергированию волокон, но одновременно уменьшает их среднюю длину [9].

Показана принципиальная возможность использования глютенных композитов для 3D-печати. Гибридные составы глютен/кератин продемонстрировали возможность послойной печати с точностью более 92 % для 10-слойной конструкции [11]. Это открывает новые возможности для создания изделий сложной геометрии с заданными свойствами.

Наиболее широко исследуемой областью является производство упаковок [24].

Мягкая (гибкая) упаковка – это пленки, обертки и пакеты, которые должны быть эластичными и часто прозрачными. Основным методом их получения является литье растворов, позволяющее получать тонкие гибкие пленки. Глютенные пленки не просто упаковывают продукт, а могут активно продлевать его свежесть. Они служат эффективной основой для «активной» и «интеллектуальной» упаковки [9].

Глютенные композиты также предлагаются в качестве альтернативы одноразовым пластиковым изделиям. Пенокомпозиты на основе глютена с добавлением различных волокон (ваточника, конопли, хлопка) демонстрируют улучшенные механические свойства и могут быть использованы в качестве легких упаковочных материалов.

Из глютенных композитов изготавливают биоразлагаемые горшки для рассады, лотки для образцов, поддоны для выращивания растений, которые после использования могут быть закопаны в почву [18]. Продемонстрирована возможность создания полностью биоразлагаемых лотков для рассады и других изделий с коротким сроком службы, которые могут быть высажены в грунт вместе с растением. Корни прорастают сквозь стенки горшка, а сам горшок служит удобрением.

Другим направлением использования биodeградируемых композитов является мульчируемая пленка. Такая пленка помогает сохранять влагу, подавлять сорняки и регулировать температуру почвы. После сбора урожая пленку можно просто запахать в землю, где она продолжит разлагаться, не загрязняя поле пластиком [18].

Биокompозитные материалы постепенно вытесняют синтетические полимеры в автомобилестроении для внутренней отделки салонов. Армированные натуральными волокнами композиты на основе биоразлагаемых связующих рассматриваются как экологичная альтернатива традиционным материалам, особенно для деталей, не подвергающихся высоким нагрузкам [9].

Разработаны биоразлагаемые потолочные панели на основе волокон агавы и глютена. При соотношении волокно/глютен 60/40 % прочность на разрыв составила 49 МПа, а прочность на изгиб – 60 МПа, что значительно превосходит показатели коммерческих панелей из минеральных волокон (8 и 17 МПа соответственно). Пропитка картона биомодифицированным глютенем увеличивает прочностные и деформационные характеристики: растяжимость возрастает до 29 %, жесткость – до 96 %, разрушающая нагрузка – до 54 %, а влагопрочность – до 54 % по сравнению с контрольным образцом [4].

Композиты предлагаются для производства ватных палочек, носовых тампонов, а также в качестве материалов для тканевой инженерии и систем доставки лекарств. Пенокомпозиты могут применяться для создания одноразовых санитарно-гигиенических изделий. Глютеновые пеноматериалы, полученные из нетоксичных компонентов, показали способность поглощать в 3–4 раза больше собственного веса, что позволяет использовать их в качестве абсорбентов в одноразовых санитарных изделиях.

Композиционные материалы на основе глютеневой матрицы (как растительного, так и животного происхождения), армированные натуральными волокнами, представляют собой перспективный класс полностью биоразлагаемых и компостируемых материалов из возобновляемого сырья.

ВЫВОДЫ

1. Прочностные и упругие свойства. Армирование глютеневой матрицы натуральными волокнами (льняными, конопляными, джутовыми, банановыми и др.) позволяет достичь предела прочности до 117 МПа и модуля упругости до 12 ГПа при однонаправленном армировании.

2. Демпфирующие свойства: при введении специальных сшивателей можно достичь высокого демпфирования, вязкости разрушения и прочности [18]. Пенокомпозиты на основе глютена проявляют улучшенные звукопогло-

щающие характеристики благодаря пористой структуре.

3. Водостойкость. Водопоглощение остается существенным ограничением. Для его снижения применяют введение гидрофобных наполнителей (парафин, воск, олифа), использование гидрофобных покрытий, химическую модификацию и создание многослойных структур [19, 23]. Введение 4 мас. ч. парафина увеличивает прочность на сжатие в 2,8...4,6 раза и снижает водопоглощение на 45...50 %.

4. Биоразлагаемость. Глютеновые композиты демонстрируют полную биоразлагаемость в почвенных условиях и в компосте. Время полной деградации составляет от 26 дней для пенокомпозитов до 180 дней для армированных композитов [8]. Композиты на основе желатина могут терять более 50 % массы за 24 часа [13].

5. Технологии. Основными методами получения являются компрессионное формование (горячее прессование), экструзия с последующим литьем под давлением и 3D-печать [7, 9, 10, 11]. Экструзия при низких температурах (70...90 °C) позволяет сохранить длину армирующих волокон и снизить энергозатраты [9].

6. Применение. Основные области применения включают упаковочные материалы (в том числе активные и интеллектуальные), компоненты автомобильного интерьера, строительные материалы, медицинские изделия (скаффолды для тканевой инженерии, раневые повязки) и одноразовые санитарно-гигиенические изделия [18, 21].

Дальнейшие исследования должны быть направлены на улучшение влагостойкости, оптимизацию технологических режимов, масштабирование производства и разработку гибридных композитов на основе смеси растительных и животных белков для достижения синергетического эффекта [11]. Коммерциализация глютен-волоконистых композитов может внести существенный вклад в снижение загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами и сокращение зависимости от ископаемого углеродородного сырья [9, 24].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Колпакова В. В., Усачев И. С., Соломин Д. А. Биоразлагаемые полимеры: составные биокомпоненты и технологические решения производства // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 51–57.
2. Наумова Л. Н., Лобанова Э. Р. Волокнистые полимерные композиционные материалы // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды : сб. докладов II Междунар. науч.-техн. конф., 06–08 декабря 2016 г. / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. С. 27–30.

3. Тасекеев М. С., Еремеева Л. М. Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК. Аналитический обзор. Алматы : НЦ НТИ, 2009. 200 с.
4. Redondo-Gómez C., Rodríguez Q., Rojas O. J. Proteins from Agri-Food Industrial Biowastes or Co-Products and Their Applications as Green Materials // *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 5. P. 981.
5. Biobased composites from agro-industrial wastes and by-products / J. F. Mendes, L. B. Norcino, H. H. A. Martins [et al.] // *Emergent Materials*. 2021. Vol. 5, No. 3. P. 873–921.
6. Green composites based on wheat gluten matrix and *Posidonia oceanica* waste fibers as reinforcements / B. Ferrero, T. Boronat, R. Moriana, O. Fenollar // *Polymer Composites*. 2013. Vol. 34, No. 10. P. 1663–1669.
7. Reinforcement of plasticized wheat gluten with natural fibers: From mechanical improvement to deplasticizing effect / T. Kunanopparat, P. Menut, M. H. Morel, S. Guilbert // *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2008. Vol. 39, No. 5. P. 777–785.
8. Preparation, properties, protein cross-linking and biodegradability of plasticizer-solvent free hemp fibre reinforced wheat gluten, glutenin, and gliadin composites/ F. Muneer, E. Johansson, M. S. Hedenqvist [et al.] // *BioResources*. 2014. Vol. 9, No. 3. P. 5246–5261.
9. Biodegradable Fiber-Reinforced Gluten Biocomposites for Replacement of Fossil-Based Plastics / A. J. Capezza, M. Bettelli, X. Wei [et al.] // *ACS Omega*. 2023. Vol. 9, No. 1. P. 1341–1351.
10. Plasticized wheat gluten reinforcement with natural fibers: Effect of thermal treatment on the fiber/matrix adhesion / T. Kunanopparat, P. Menut, M. H. Morel, S. Guilbert // *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2008. Vol. 39, No. 12. P. 1787–1792.
11. Renewable proteins from agricultural and animal sources as innovative multifunctional bio-fillers for rubber composites: A comprehensive review / M. Alagia, B. La Ferla, L. Zoia, F. Peri // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025. Vol. 284, Part 1. Article 137941.
12. Ibrahim S., Elsayed H. M., Hasanin M. Biodegradable, Antimicrobial and Antioxidant Biofilm for Active Packaging Based on Extracted Gelatin and Lignocelluloses Biowastes // *Journal of Polymers and the Environment*. 2021. Vol. 29, No. 3. P. 1–11.
13. Shubhra Q. T. H., Alam A., Beg M. D. H. Mechanical and degradation characteristics of natural silk fiber reinforced gelatin composites // *Materials Letters*. 2011. Vol. 65, No. 2. P. 333–336.
14. Preparation of biocomposites based on gluten resin and unidirectional flax fibers / N. Vo Hong, P. Van Puyvelde, A. W. Van Vuure, I. Verpoest // *Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials (ECCM-15)*. Venice, 2012.
15. Flexible strength-improved and crack-resistant biocomposites based on plasticised wheat gluten reinforced with a flax-fibre-weave / W. R. Newson, R. Kuktaite, M. S. Hedenqvist et al. // *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2017. Vol. 94. P. 1–8.
16. Effect of electron beam irradiation on mechanical properties of gelatin/Brazil nut shell fiber composites / P. Y. Inamura, K. Shimazaki, M. A. Colombo [et al.] // *Revista Matéria*. 2010. Vol. 15, No. 2. P. 380–385.
17. Diao C., Xia H., Parnas R. S. Wheat Gluten Blends with Maleic Anhydride-Functionalized Polyacrylate Cross-Linkers for Improved Properties // *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2015. Vol. 7, No. 40. P. 22601–22609.
18. Advances in Biodegradable Food Packaging Using Wheat-Based Materials: Fabrications and Innovations, Applications, Potentials, and Challenges / R. S. Alibekov, K. U. Urazbayeva, A. M. Azimov [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 18. P. 2964.
19. Kashytskyi V., Sadova O., Shehynskyi V. The development of gluten-based biocomposite materials with advanced hydrophobicity // *Товарознавчий вісник*. 2024. Vol. 17, No. 1. P. 27–35.
20. Incorporation of Lipids into Wheat Bran Cellulose/Wheat Gluten Composite Film Improves Its Water Resistance Properties / G. Shen, G. Yu, H. Wu [et al.] // *Membranes*. 2022. Vol. 12, No. 1. P. 18.
21. Shreya S., Niranjana D., Bonamali P. Biodegradable wheat gluten/nanoclay-based bionanocomposite films for assessing the potential as a packaging material // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2025. Vol. 15. P. 25045–25062.
22. Шегинський В. О. Модифікація глютеинових біокомпозитних матеріалів гідрофобними добавками // *Наукові нотатки*. 2024. № 77. doi:10.36910/775.24153966.2024.77.24.
23. Wheat Gluten-Laminated Paperboard with Improved Moisture Barrier Properties: A New Concept Using a Plasticizer (Glycerol) Containing a Hydrophobic Component (Oleic Acid) / S.-W. Cho, T. O. J. Blomfeldt, H. Halonen [et al.] // *International Journal of Polymer Science*. 2012. Vol. 9. doi:10.1155/2012/454359.

24. Recent Advances in Gluten-Based Active and Intelligent Food Packaging: A Review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2025. Vol. 24, No. 5

REFERENCES

1. Kolpakova V. V., Usachev I. S., Solomin D. A. Biodegradable polymers: compound biocomponents and manufacturing technological solutions. *Pishchевaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2019;12:51–57. (In Russ.)
2. Naumova L. N., Lobanova E. R. Fibrous polymer composite materials. *Energo- i resursosberegayushchie ekologicheski chistye himiko-tekhnologicheskie process zashchity okruzhayushchej sredy* [Energy- and resource-saving environmentally friendly chemical-technological processes of environmental protection: proceedings of the II International scientific and technical conference. Belgorod, BSTU im. V. G. Shukhov Publ., 2016. P. 27–30. (In Russ.)
3. Tasekeev M. S., Ereemeeva L. M. Polymer production as one of the ways to solve environmental and agricultural problems. Analytical review. Almaty, 2009. 200 p. (In Russ.)
4. Redondo-Gomez C., Rodríguez Q., Rojas O. J. Proteins from Agri-Food Industrial Biowastes or Co-Products and Their Applications as Green Materials. *Foods*. 2021;10(5):981.
5. Mendes J. F., Norcino L. B., Martins H. H. A. et al. Biobased composites from agro-industrial wastes and by-products. *Emergent Materials*. 2021;5(3):873–921.
6. Ferrero B., Boronat T., Moriana R., Fenollar O. Green composites based on wheat gluten matrix and *Posidonia oceanica* waste fibers as reinforcements. *Polymer Composites*. 2013;34(10):1663–1669.
7. Kunanopparat T., Menut P., Morel M. H., Guilbert S. Reinforcement of plasticized wheat gluten with natural fibers: From mechanical improvement to deplasticizing effect. *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2008;39(5):777–785.
8. Muneer F., Johansson E., Hedenqvist M. S. et al. Preparation, properties, protein cross-linking and biodegradability of plasticizer-solvent free hemp fibre reinforced wheat gluten, glutenin, and gliadin composites. *BioResources*. 2014;9(3):5246–5261.
9. Capezza A. J., Bettelli M., Wei X. et al. Biodegradable Fiber-Reinforced Gluten Biocomposites for Replacement of Fossil-Based Plastics. *ACS Omega*. 2023;9(1):1341–1351.
10. Kunanopparat T., Menut P., Morel M. H., Guilbert S. Plasticized wheat gluten reinforcement with natural fibers: Effect of thermal treatment on the fiber/matrix adhesion. *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2008;39(12):1787–1792.
11. Alagia M., La Ferla B., Zoia L., Peri F. Renewable proteins from agricultural and animal sources as innovative multifunctional bio-fillers for rubber composites: A comprehensive review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025;284(1):137941.
12. Ibrahim S., Elsayed H. M., Hasanin M. Biodegradable, Antimicrobial and Antioxidant Biofilm for Active Packaging Based on Extracted Gelatin and Lignocelluloses Biowastes. *Journal of Polymers and the Environment*. 2021;29(3):1–11.
13. Shubhra Q. T. H., Alam A., Beg M. D. H. Mechanical and degradation characteristics of natural silk fiber reinforced gelatin composites. *Materials Letters*. 2011;65(2):333–336.
14. Hong N. Vo, Van Puyvelde P., Van Vuure A. W., Verpoest I. Preparation of biocomposites based on gluten resin and unidirectional flax fibers. *Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials (ECCM-15)*. Venice, 2012.
15. Newson W. R., Kukaite R., Hedenqvist M. S. et al. Flexible strength-improved and crack-resistant biocomposites based on plasticised wheat gluten reinforced with a flax-fibre-weave. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2017;94:1–8.
16. Inamura P. Y., Shimazaki K., Colombo M. A. et al Effect of electron beam irradiation on mechanical properties of gelatin/Brazil nut shell fiber composites. *Revista Materia*. 2010;15(2):380–385.
17. Diao C., Xia H., Parnas R. S. Wheat Gluten Blends with Maleic Anhydride-Functionalized Polyacrylate Cross-Linkers for Improved Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2015;7(40):22601–22609.
18. Alibekov R. S., Urazbayeva K. U., Azimov A. M. et al. Advances in Biodegradable Food Packaging Using Wheat-Based Materials: Fabrications and Innovations, Applications, Potentials, and Challenges. *Foods*. 2024;13(18):2964.
19. Kashytskiy V., Sadova O., Shehynskiy V. The development of gluten-based biocomposite materials with advanced hydrophobicity. *Tovarnoznavchij visnik* [Commodity Bulletin]. 2024;17(1):27–35.
20. Shen G., Yu G., Wu H. et al. Incorporation of Lipids into Wheat Bran Cellulose/Wheat Gluten Composite Film Improves Its Water Resistance Properties. *Membranes*. 2021; 12(1):18

21. Shreya S., Niranjana D., Bonamali P. Biodegradable wheat gluten/nanoclay-based bionanocomposite films for assessing the potential as a packaging material. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2025;15:25045–25062.
22. Shehynskiy V. Modification of Glutelin Based Biocomposite Materials with Hydrophobic Additives. *Naukovi notatky* [Scientific Notes]. 2024;77. doi:10.36910/775.24153966.2024.77.24.
23. Cho S.-W., Blomfeldt T. O. J., Halonen H. et al. Wheat Gluten-Laminated Paperboard with Improved Moisture Barrier Properties: A New Concept Using a Plasticizer (Glycerol) Containing a Hydrophobic Component (Oleic Acid). *International Journal of Polymer Science*. 2012;9. doi:10.1155/2012/454359.
24. Recent Advances in Gluten-Based Active and Intelligent Food Packaging: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025;24(5).

Статья поступила в редакцию 22.04.2026

Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

П. Н. Рудовский, доктор технических наук, профессор

С. Г. Смирнова, кандидат технических наук, доцент

А. Ю. Смирнов, магистрант

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.1+739.2

EDN JYVIP

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>

Сергей Ильич Галанин¹

Сергей Александрович Шорохов²

Александр Олегович Сильянов³

Валерия Дмитриевна Макарычева⁴

Дарья Алексеевна Тюрина⁵

^{1,2,3,4,5} Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹ sgalanin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

² s.shorokhov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9409-9432>

³ silyanov_ao@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-3024-5521>

⁴ lera.makarycheva@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4383-5913>

⁵ daryatyurina31@rambler.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6223-0045>

ДИЗАЙН И ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С РЕЛЬЕФНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности дизайна и изготовления литых ювелирных изделий с фактурированной и рельефной поверхностью. Экспериментально исследованы процессы уменьшения массы и деформации рельефной и фактурированной поверхности литых образцов из наиболее распространенного в ювелирной промышленности сплава серебра СrМЦ925 в результате полирования. Показано, что фактура поверхности практически полностью сполнивается в результате традиционных на производстве финишных операций полирования. В процессе галтовочных операций изменяется форма выступов рельефа: углы и выступающие части деформируются больше, а плоские участки поверхности менее теряют свою форму. Выработаны технологические рекомендации для сохранений формы и размеров литого рельефа поверхности в производственных условиях. Выработанные рекомендации использованы в процессе проектирования и изготовления эксклюзивных колец, посвященных четырем выдающимся географическим местам России: «Застывший Байкал», «Каменистый Кавказ», «Песчаный Калининград», «Огненная Камчатка». У каждого кольца оригинальные форма, рельеф боковой и верхней поверхности, отражающие суть географического места.

Ключевые слова: дизайн литых ювелирных изделий, эксклюзивные кольца, процесс полирования поверхности, галтование поверхности, изменение формы рельефа в процессе полирования, изменение фактуры поверхности в процессе полирования, технологические рекомендации по сохранению литого рельефа поверхности

Для цитирования: Дизайн и особенности изготовления литых ювелирных изделий с рельефной поверхностью / С. И. Галанин, С. А. Шорохов, О. А. Сильянов, В. Д. Макарычева, Д. А. Тюрина // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 52–61. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>.

Original article

Sergey I. Galanin¹

Sergey A. Shorokhov²

Alexander O. Silyanov³

Valeria D. Makarycheva⁴

Daria A. Tyurina⁵

^{1,2,3,4,5} Kostroma State University, Kostroma, Russia

DESIGN AND FEATURES OF MANUFACTURING CAST JEWELLERY WITH A RELIEF SURFACE

© Галанин С. И., Шорохов С. А., Сильянов О. А., Макарычева В. Д., Тюрина Д. А., 2026

Abstract. The article considers the design and manufacturing features of cast jewellery with textured and relief surfaces. The processes of mass reduction and deformation of the relief and textured surface of cast samples made of the most common silver alloy in the jewellery industry, CpМЦ925, as a result of polishing were experimentally studied. It is shown that the surface texture is almost completely polished as a result of traditional finishing polishing operations in production. During the tacking operations, the shape of the relief protrusion changes – corners and protruding parts deform more, and flat areas of the surface lose their shapeless. Technological recommendations have been developed to preserve the shape and size of the cast surface relief in production conditions. The recommendations developed were used in the process of designing and preparing exclusive rings dedicated to four outstanding geographical sites in Russia: “Frozen Baikal”, “Rocky Caucasus”, “Sandy Kaliningrad”, “Fiery Kamchatka”. Each ring has an original shape, relief of the side and upper surface, reflecting the essence of the geographical location.

Keywords: cast jewellery design, exclusive quantities, surface polishing process, surface tumbling, changing shape of relief when polishing, surface texture changing during polishing, technological recommendations for preserving surface cast relief.

For citation: Galanin S. I., Shorokhov S. A., Silyanov A. O., Makarycheva V. D., Tyurina D. A. Design and features of manufacturing cast jewellery with a relief surface. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 52–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>.

Современные ювелирные изделия характеризуются частым использованием сложных поверхностных рельефов и фактур. Формообразование таких украшений, как правило, производится с использованием «прямого» литья по выплавляемым моделям с последующей финишной обработкой в вибро- и турбогалтовочных машинах с различными абразивами, ручным механическим и электрохимическим полированием [1]. В результате съём (удаление) материала с рельефной или фактурированной поверхности может быть весьма значительным, приводящим иногда к полному сглаживанию мелких фактур, сглаживанию и деформации первоначального рельефа. Съём металла зависит от множества технологических параметров и должен в обязательном порядке учитываться при 3D-проектировании, при котором необходимо закладывать припуски на финишную обработку [2–5]. Сплав серебра 925 пробы является одним из самых распространенных материалов для изготовления ювелирных украшений. Поэтому на его примере проведены исследования зависимости величин необходимых припусков от параметров финишной обработки.

Методика проведения эксперимента. На первом этапе исследовалось влияние режимов полирования различными абразивами на изменение шероховатости поверхности в зависимости от продолжительности обработки. Обрабатывались серебряные пластины в количестве 5 шт. из сплава серебра CpМЦ925 (лигатура AG109M с содержанием Cu 70 % и Zn 30 %), вырезанные с помощью лазерной установки из листового проката размером 15×5×0,5 мм. После каждого этапа обработки измерялась масса пластин и величина шероховатости их поверх-

ности Rz по стандартной методике. Измеренные значения усреднялись после отбрасывания максимальной и минимальной величин.

Последовательность обработки следующая.

1. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – пластиковые пули и пирамиды синие. Шампунь-концентрат ОТЕС SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

2. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – белые пирамидки и пули. Шампунь-концентрат ОТЕС SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 1,5 ч.

3. Промывка в УЗВ с шампунем «Полинка» и сушка термовентилятором до полного высыхания, чтобы при дальнейшей обработке мелкий абразив не «забился» в поверхностный слой металла.

4. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – орех крупной фракции, голубая паста ОТЕС P1 с добавлением масла Shell Morlina. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

5. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – песок, паста ОТЕС P6. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6. Обработка в виброгалтовочной машине MOD 10 LT. Наполнитель – стальные шарики, шампунь блескообразующий зеленый DETER BRIGHT 10 мл, белый 15 мл. Скорость вращения 1500 об/мин. Продолжительность 1 ч.

7. Полирование щеткой и пастой DIALUX вручную. Продолжительность 5 мин.

Второй этап исследований заключался в обработке поверхности четырех пластинок из

серебра СpМЦ925 (лигатура АG109М с содержанием Cu 70 % и Zn 30 %) с различным рельефом разных размеров и высоты: полусферы («Огненная Камчатка») (рис. 1, а), усеченные пирамиды («Застывший Байкал») (рис. 1, б), параллелепипеды («Каменистый Кавказ») (рис. 1, в)

и волны («Песчаный Калининград») (рис. 1, г) высотой 1; 0,75; 0,5 мм по стандартному производственному циклу финишной обработки и замера массы пластинок и высоты рельефа после каждого этапа.

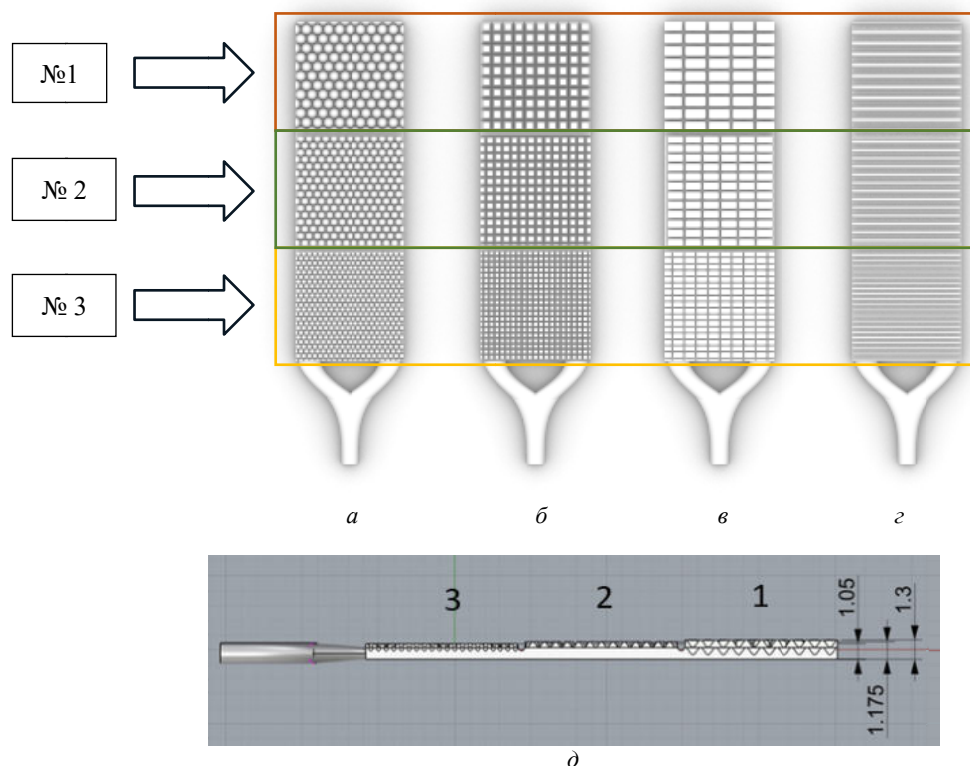


Рис. 1. Образцы с различным рельефом поверхности, выстроенные в программе Rhinoceros:
а – полусферы; б – усечённые пирамиды; в – параллелепипеды; г – волны; д – вид образцов сбоку

Среди исследователей нет общепринятого разграничения между рельефом и фактурой. Рельеф и фактура – термины, описывающие внешний вид поверхности, имеющие различные значения. Рельеф описывает трехмерные формы и их распределение на поверхности. Рельеф также может быть представлен в виде микро- и макроформ, в зависимости от масштаба. Фактура – визуальное и тактильное восприятие поверхности. В общем случае фактура описывает общее состояние поверхности, а рельеф – ее более крупное и объемное строение [6]. Формируются рельефы и фактуры поверхности различными способами [7–10].

1. 3D-моделирование. Пластины строились в программе Rhinoceros. Толщина основы 0,8 мм. Высота рельефов вместе с основой: № 1 равна 1,3 мм; № 2 – 1,175 мм; № 3 – 1,05 мм.

2. Выращивание восковых моделей производилось на 3D-принтере PROJET 2500 W по технологии струйной печати MJP. Область построения – 294×211×144 мм (включая платформу). Режим печати – XHD высокой четкости (минимальная толщина слоя 16 мкм). Разреше-

ние – 1200×1200×1600 точек на дюйм. Точность ± 0,04 мм на 1 см. Использовался воск для изделий VisiJet M2 CAST и материал для поддержек VisiJet M2 SUW.

3. Образцы отливались на индукционной автоматической литейной вакуумной машине INDUTHERM VC450V с вибрацией.

4. Удаление литников, обработка остатков литников, задней и боковых стенок с помощью бормашинки шлифовальными дисками грубой фракции.

5. Обработка в магнитной галтовке с иглами и Fairy для удаления остатков формомассы 5 мин с последующей сушкой в течение 1 мин.

6. Галтовочные операции:

6.1. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – пластиковые пули и пирамиды зеленые (ментоловые). Шампунь-концентрат OTEC SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.2. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – белые пирамидки и пули. Шампунь-концентрат OTEC

SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 1,5 ч.

6.3. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – орех крупной фракции, голубая паста OTEC P1 с добавлением масла Shell Morlina. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.4. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVED RY. Наполнитель – песок, паста OTEC P6. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.5. Обработка в виброгалтовочной машине MOD 10 LT. Наполнитель – стальные шарики, шампунь блескообразующий зеленый

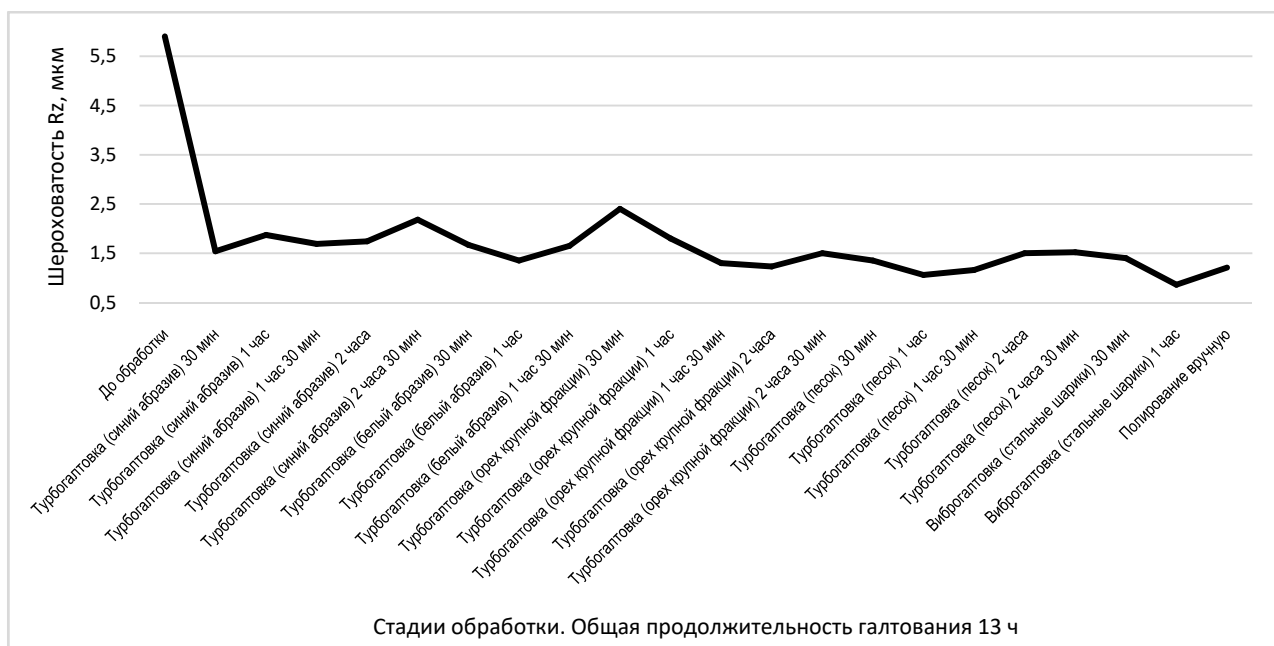
DETER BRIGHT 10 мл, белый 15 мл. Скорость вращения 1500 об/мин. Продолжительность 1 ч.

7. Полирование вручную щеткой с пастой DIALUX.

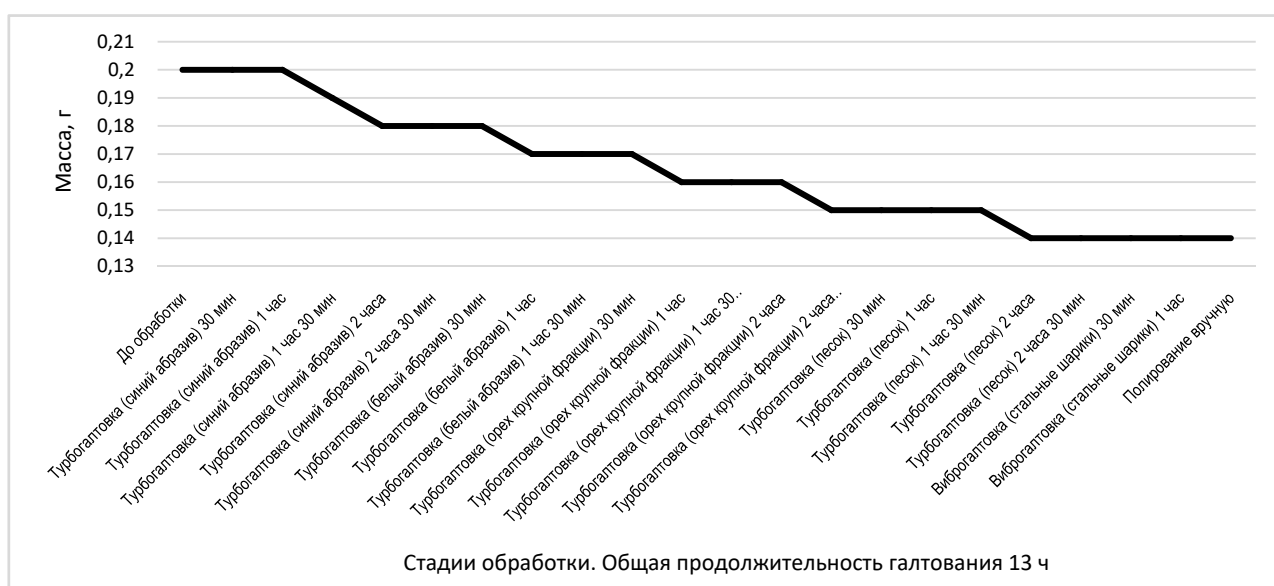
8. Электрохимическое полирование (ЭХП) с предварительным сверлением отверстий для подвешивания образцов.

После каждого этапа обработки измерялась масса образцов с помощью лабораторных весов ViBRA AJ-6200CE точностью $\pm 0,01$ г и высота фактуры механическим микрометром 0...25 мм с ценой деления 0,01 мм.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Результаты исследований на первом этапе представлены на рисунке 2.



а



б

Рис. 2. Изменение шероховатости поверхности (а) и массы образцов (б) в процессе обработки

Как видно из зависимости на рис. 2, *а*, наибольшее изменение шероховатости наблюдается на начальном этапе обработки. Дальнейшие этапы не оказывают значительного влияния на параметры R_z , но общая тенденция к снижению шероховатости сохраняется. Эта зависимость показывает, что турбогалтовка в сочетании с виброгалтовкой является эффективным методом снижения шероховатости.

Зависимость изменения массы показывает наибольшее снижение на начальных этапах. Это

можно объяснить тем, что при галтовке параллельно протекают два процесса: съем металла и закатывание металла с выступов во впадины со сглаживанием поверхности, а на первоначальных этапах превалирует первый процесс.

Стадии обработки на втором этапе исследований, результаты измерений массы и высоты рельефа поверхности образцов представлены на рисунках 3–6.

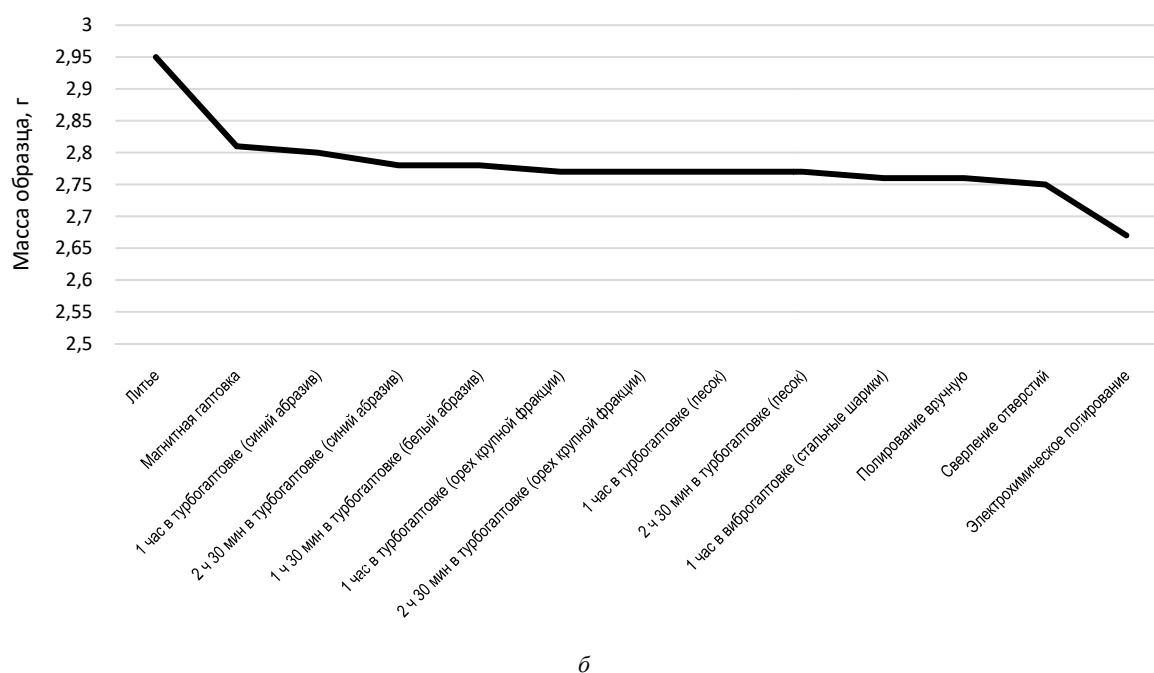
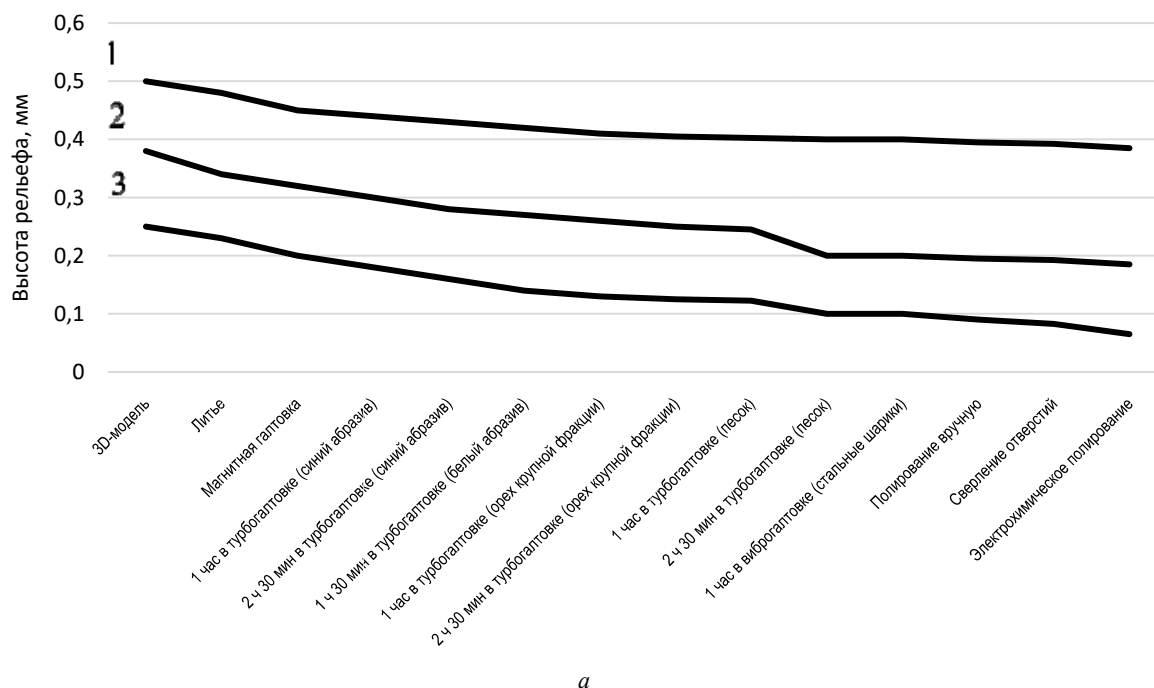
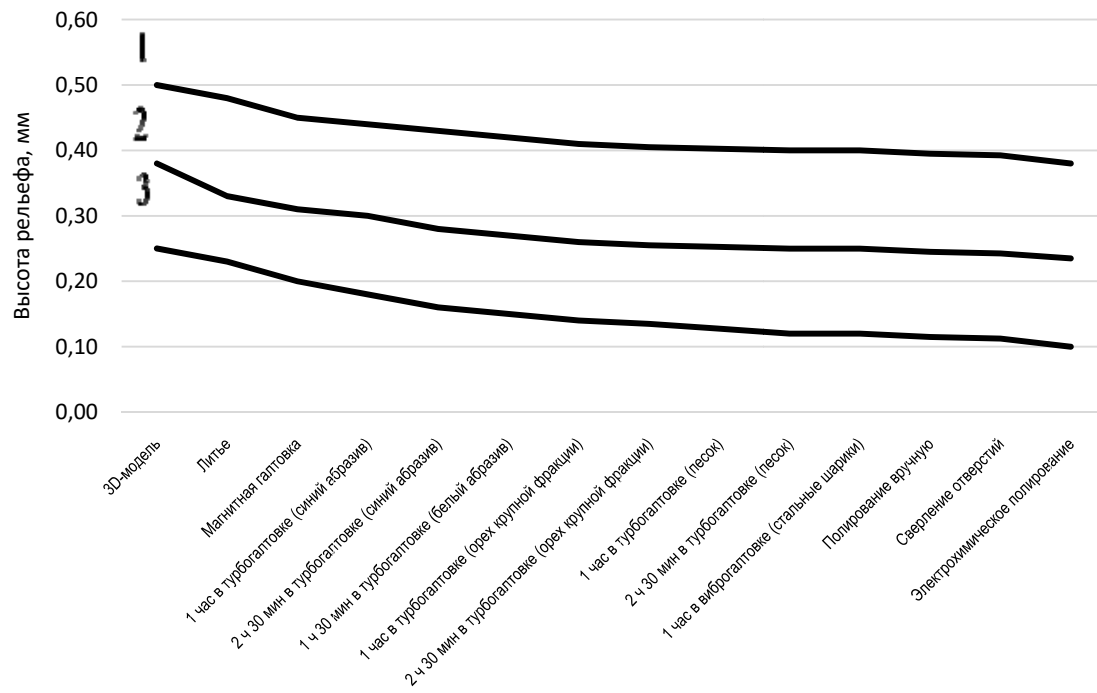
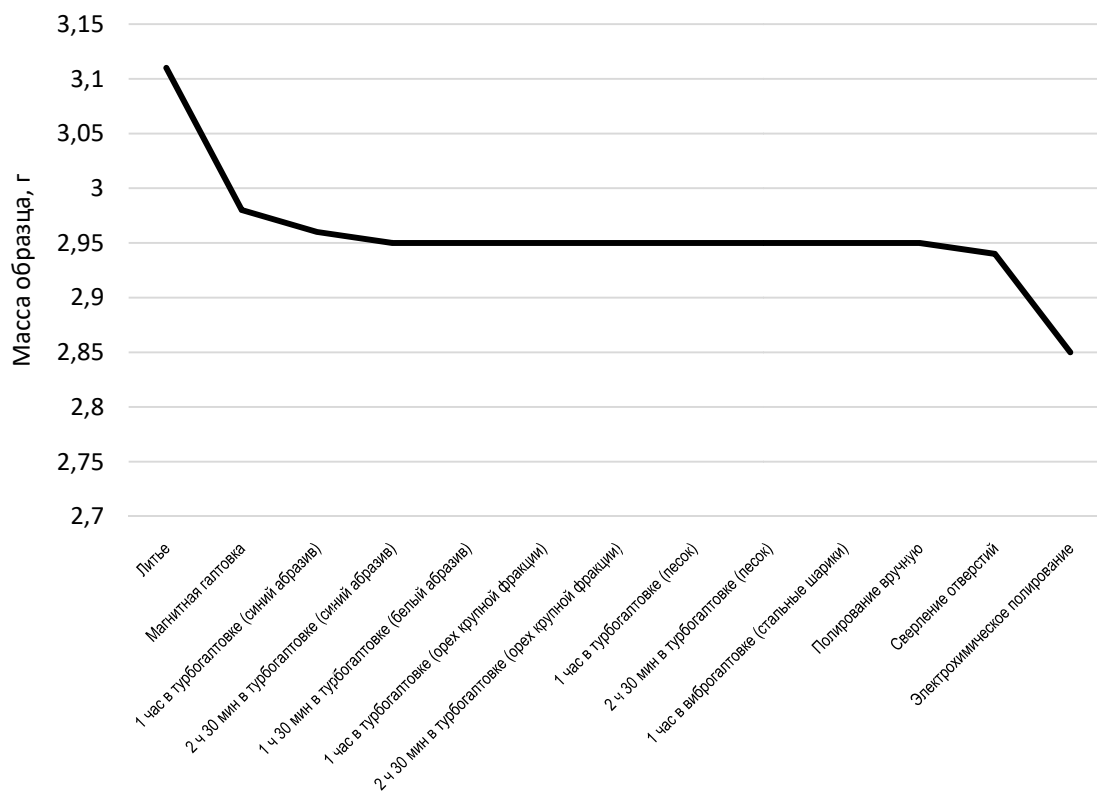


Рис. 3. Изменение высоты рельефа, мм (*а*) и массы образца, г (*б*) в процессе обработки. «Застывший Байкал»



а



б

Рис. 4. Изменение высоты рельефа, мм (а) и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Каменистый Кавказ»

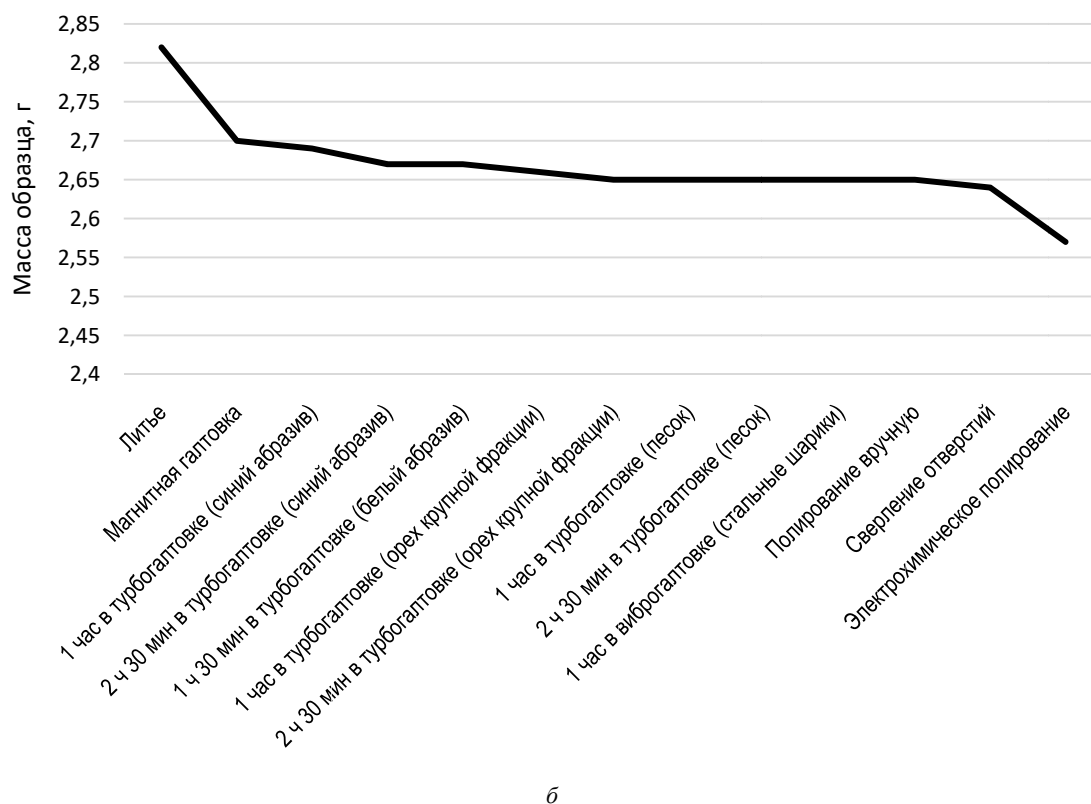
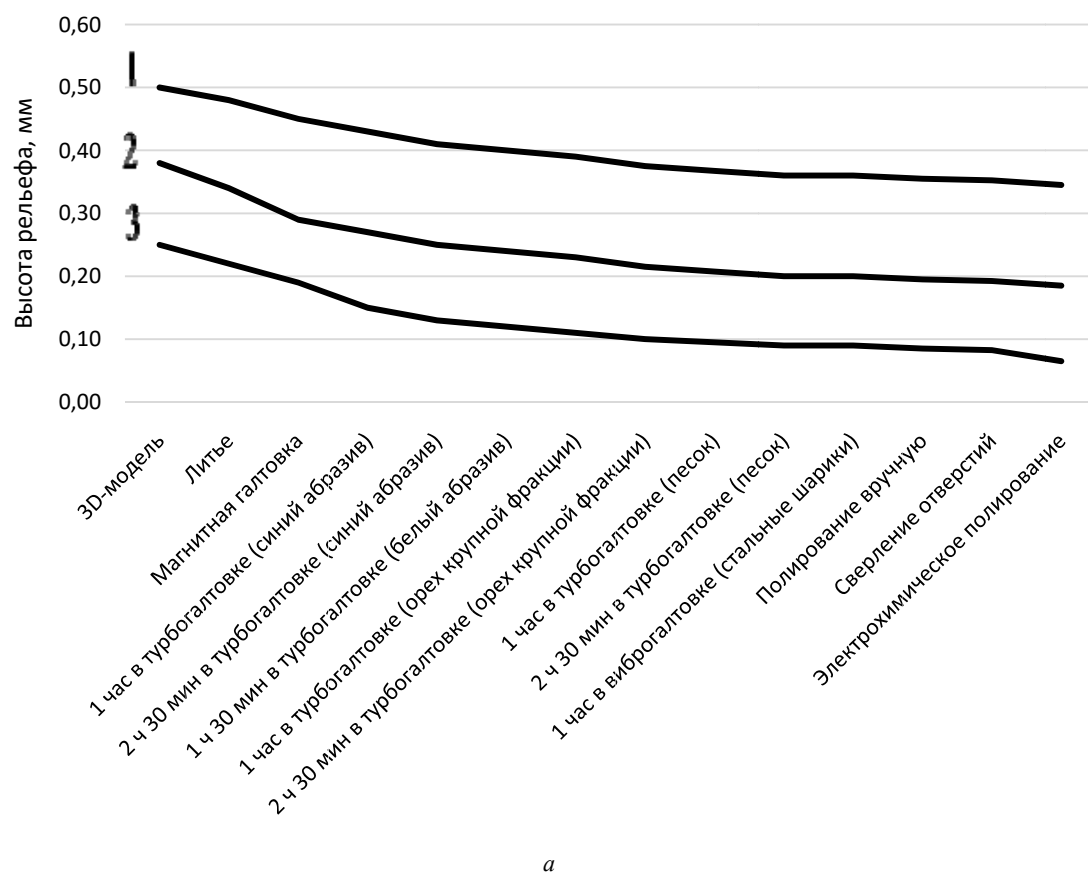


Рис. 5. Изменение высоты рельефа, мм (а)
и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Песчаный Калининград»

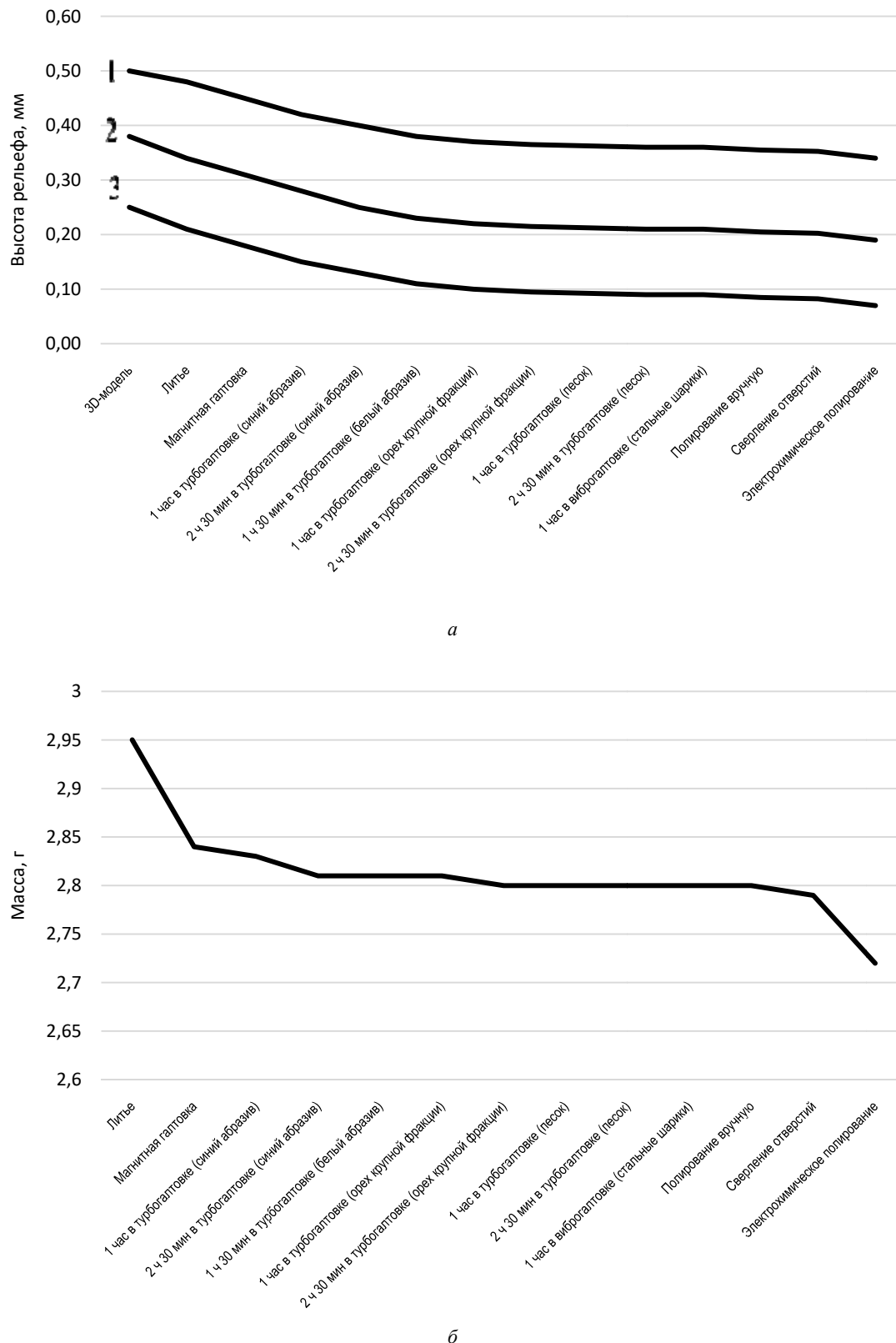


Рис. 6. Изменение высоты рельефа, мм (а) и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Огненная Камчатка»

Динамика изменения высоты рельефа поверхности и массы образцов на втором этапе исследований в общем случае повторяет тенденции изменения высоты фактуры и массы, выявленные на первом этапе.

Наиболее существенно масса образцов уменьшается при магнитной галтовке и ЭХП поверхности. Это можно объяснить тем, что магнитная галтовка убирала остатки формомассы, «забившейся» в углубления рельефа, а при

ЭХП происходит растворение металла, что неизбежно приводит к потере массы.

Изменение внешнего вида фактур в результате обработки представлено на рисунке 7.

Высота рельефа относительно равномерно уменьшалась на каждой стадии обработки. Наиболее визуально заметное изменение высоты зафиксировано у малоразмерного рельефа. Из рисунка 7 видно, что в процессе галтовки изменяется форма выступов рельефа: углы и выступающие части сглаживаются больше, а плоские участки поверхности менее теряют свою форму. Аналогичный результат был получен и в работе [5].

ВЫВОДЫ

На основании полученных экспериментальных результатов можно выработать рекомендации по проектированию ювелирных украшений с рельефной поверхностью. Высоту рельефа необходимо проектировать в 3D-моделях с учетом уменьшения высоты рельефа при финишной обработке на 0,1...0,15 мм. На финишных операциях желательно применять турбогалтовку в течение 1,5 ч с использованием ореховой скорлупы и песка. Для формирования

блеска поверхности рекомендуется электрохимическое полирование и завершающая виброгалтовка с металлическими шариками в течение 10 мин. Такая обработка придает поверхности яркий блеск без нарушения геометрии рельефа.

Мелкая фактура практически всегда в процессе галтования полностью удаляется с поверхности. Поэтому ее лучше формировать на заключительных операциях, например пескоструйной обработкой.

Практическое воплощение результатов исследований. Дизайнерская задача состояла в разработке эксклюзивных колец, посвященных четырем выдающимся географическим местам России: «Застывший Байкал», «Каменистый Кавказ», «Песчаный Калининград», «Огненная Камчатка» (рис. 8). У каждого кольца оригинальные форма, рельеф боковой и верхней поверхности, отражающие суть географического места. На каждом кольце закреплен вращающийся глобус, с указанным географическим местонахождением. В технологии проектирования и обработки поверхности учтены рекомендации, выработанные по результатам проведенных исследований.



а



б

Рис. 7. Образцы после литья (а) и после обработки (б)



а



б



в



г

Рис. 8. Эксклюзивные кольца: а – «Застывший Байкал»; б – «Каменистый Кавказ»; в – «Песчаный Калининград»; г – «Огненная Камчатка» (серебро 925 пробы)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сильянов А. О., Галанин С. И. Дизайн-иллюзии «прямого» литья // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 38–43.
2. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.

3. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
4. 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.
5. Галанин С. И., Сильянов А. О. Особенности проектирования рельефа поверхности литых ювелирных изделий с учётом финишной галтовки // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 72–75.
6. Чем отличается фактура от рельефа // Нейрум : SaaS-платформа. URL: https://ya.ru/neurum/c/kultura-i-iscusstvo/q/chem_otlichaetsya_faktura_ot_relefa (дата обращения: 09.07.2025).
7. Галанин С. И., Шорохов С. А. Декоративная электрохимическая обработка поверхности металлов и сплавов : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. 151 с.
8. Галанин С. И., Висковатый И. С. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925 пробы // GAUDEAMUS IGITUR. 2015. № 1. С. 11–13.
9. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
10. Галанин С. И., Трошина О. А. Рельеф, фактура и текстура в дизайне ювелирных изделий // Дизайн и технологии. 2020. № 7(119). С. 14–21.

REFERENCES

1. Silyanov A. O., Galanin S. I. Design illusions of “direct” castings. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):38–43. (In Russ.)
2. 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.)
3. 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.)
4. Galanin S. I., Silyanov A. O. From “lost wax” casting to “direct” casting: technology and design. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;2(68):65–69. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Silyanov A. O. Peculiarities of surface relief design cast jewelry taking into account finishing galling. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;(69):72–75. (In Russ.)
6. What is the difference between texture and relief? Neirum. URL: https://ya.ru/neurum/c/kultura-i-iscusstvo/q/chem_otlichaetsya_faktura_ot_relefa (accessed 07.09.2025). (In Russ.)
7. Galanin S. I., Shorokhov S. A. Decorative electrochemical treatment of metals and alloys. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2015. 151 p. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Decorative electrochemical surface texturing of sterling silver. GAUDEAMUS IGITUR. 2015;1:11–13. (In Russ.)
9. Galanin S. I. Decoration of jewelery surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
10. Galanin S. I., Troshina O. A. Relief, facture and texture in jewelry design. *Dizajn i texnologii* [Design and Technology]. 2020;7(119):14–21. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.10.2025
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор
С. А. Шорохов, кандидат технических наук, доцент
А. О. Сильянов, аспирант
В. Д. Макарычева, студент
Д. А. Тюрина, студент

Научная статья
УДК 671.12:7.045

EDN PLWOUU

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-62-69>

Михаил Витальевич Лужников¹

Татьяна Львовна Макарова²

^{1,2} МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

¹ luzhnikov.m@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-0254-1400>

² artasymbol11@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5251-3225>

СИМВОЛЫ ФЛОРЫ В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается такая сфера дизайна, как дизайн ювелирных украшений. Показаны современные тенденции в применении символов флоры в дизайне ювелирных изделий современной России. С помощью анализа иконоческого материала авторы выявили наиболее часто используемые символы флоры в современных работах российских производителей. Отмечено, что существует множество вариаций использования символов флоры в изделиях, особенно популярны вымышленные растения. Исследованы решения известных брендов по оформлению ювелирных украшений, в которых используется растительная символика. Сделаны выводы об особенностях созданных ювелирных украшений. Выявлено, что при разработке большей части ювелирных украшений с символами растительного мира используются символы «цветок», «лист», «плод». Определено, что ряд решений современных дизайнеров являются эклектичными по смыслу, форме, орнаменту и цвету. Результаты исследования могут применяться современными специалистами для разработки качественно новых работ и реализации подобных проектов в России.

Ключевые слова: символ, ювелирный символ, символ украшения, флора, символ «цветок», символ «лист», символ «плод», растительные мотивы, растительная символика, ювелирное изделие, ювелирное украшение, современное искусство

Для цитирования: Лужников М. В., Макарова Т. Л. Символы флоры в ювелирных изделиях современной России // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 62–69. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-62-69>.

Original article

Mikhail V. Luzhnikov¹

Tatyana L. Makarova²

^{1,2} MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

FLORA SYMBOLS IN MODERN RUSSIAN JEWELLERY

Abstract. This article examines the field of jewelry design. It explores current trends in the use of floral symbols in jewelry design in modern Russia. Through an analysis of iconic material, the authors identified the most frequently used floral symbols in contemporary Russian jewelry designs. It is noted that there are many variations in the use of flora symbols in products, with fictional plants being particularly popular. The article examines jewelry designs by well-known brands that incorporate botanical symbolism. Conclusions are drawn about the characteristics of these designs. It was found that the majority of jewelry designs featuring botanical symbols utilize the symbols “Flower”, “Leaf” and “Fruit”. It has been determined that a number of solutions by modern designers are eclectic in meaning (as well as form, pattern and color). The results of this study can be applied by contemporary specialists to develop qualitatively new designs and implement similar projects in Russia.

Keywords: symbol, jewelry symbol, decoration symbol, flora, “Flower” symbol, “Leaf” symbol, “Fruit” symbol, plant motifs, plant symbolism, jewellery, contemporary art

For citation: Luzhnikov M. V., Makarova T. L. Flora symbols in modern Russian jewellery. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 62–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-62-69>.

Растительный мир издавна у многих народов ассоциировался с природой, был символом красоты, молодости и счастья. Растения часто становились главными композиционными героями самых разных изделий. Символы флоры как элементы орнаментов и форм особенно ярко представлены в народных промыслах [1, 2] и далее в современном ювелирном дизайне [3]. В культуре славян растения ассоциировались с плодородием, жизненной силой и циклом смены времен года.

Сегодня отечественные дизайнеры демонстрируют свое видение современного русского стиля. Популярны изделия, символически отсылающие к традиционным промыслам: эта связь прослеживается через форму, орнаменты и цвет изделий. Выявлено применение нехарактерных для русского ювелирного искусства (в русских мотивах) цветов, использование модных оттенков: не только классических сочетаний [4].

Каждое художественное изделие представляет собой информационно цельный и насыщенный смыслами объект, который является отражением и результатом переосмысления действительности автором [5].

В представлениях древних народов мир разделялся на три части: небо, люди и земля, которая обозначалась растениями и цветами. Считается, что первые свидетельства применения растительной символики для украшения относятся к IV веку до нашей эры [2].

Рассматривая различные ювелирные работы можно отметить, что многие из них пронизаны символами, функционирующими на уровне языка ювелирного искусства. В настоящее время популярно изображение образов растительного мира в ювелирных аксессуарах. Символы флоры помогают потребителю установить эмоциональную связь с произведением. Художники и дизайнеры применяют разнообразные комплексы художественно-выразительных средств в своих произведениях с целью передать задуманное настроение и атмосферу. Для сферы разработки ювелирных изделий характерно использование различных символов, что позволяет вызывать сильное эмоциональное вовлечение у потребителей, привлекает и укрепляет их внимание, формирует предпочтения.

Сегодня дизайнеры активно работают с культурным наследием прошлого, переосмысливают опыт декоративно-прикладного искусства и ремесел. Данные исследования могут применяться современными специалистами для разработки качественно новых работ. В этом заключается актуальность настоящей работы.

В данном исследовании в качестве предмета рассматриваются символы флоры. Под этим понятием в настоящей статье выделен следующий ряд символов: «цветок», «лист», «плод» и их сочетания. Объект исследования – ювелирные изделия отечественных производителей коллекций 2014–2024 гг. Здесь под ювелирными изделиями подразумеваются работы, которые являются ювелирными украшениями, где применяются металлы в сочетании с другими материалами. Декоративные статуэтки, посудная группа, предметы интерьера, камнерезная пластика не рассматриваются.

Тема растительных символов в ювелирном искусстве сегодня почти не разработана в теории дизайна, встречаются лишь единичные работы на тему и близкие к ней тематики [6]. Цель работы – выявить наиболее часто используемые символы флоры в современных работах российских ювелиров.

И. А. Гольский в своей работе «Символика флоры в отношении человека к миру» утверждает, что символы флоры – это образы растений, которые выражают определенные связи и явления. К ним относятся, например, дерево, куст, гриб, росток, трава, мох, цветок, ягода, плод, семя [7].

При этом Т. В. Лазутина в исследовании «Символический мир растительного орнамента в пространстве ювелирного искусства» утверждает, что символами растительного мира в ювелирных изделиях могут являться и изображения цветов, плодов, листьев и их различные комбинации [8].

Т. В. Лазутина и Н. К. Лазутин в совместной работе «Символотворчество в ювелирном искусстве» рассматривают факт многозначности применения ювелирных украшений, которые используются как выражение принципа красоты, в качестве предмета «оберега», а также в виде «идеопластической проекции» представлений народа о мире.

Там же авторы предлагают разделять символы в ювелирном искусстве на символы «изображения» и «выражения», к последним можно отнести «символическое отображение внутреннего мира человека (человеческого сознания)». Исследователи применяют типологию знака Ю. Борева к ювелирному искусству и предлагают различие следующих типов символов: символы принадлежности к культуре; символы эпохи, направления, стиля; символы национальной характеристики; символы рецепционного ожидания; функциональные символы [9].

Наиболее распространенными символами флоры в современных ювелирных изделиях являются «лист», «цветок», «плод», согласно «Системе символов современного костюма», разработанной Т. Л. Макаровой в докторской диссертации и применяемой для исследований ее научной школой [10]. Актуально одновременное применение в одном изделии ряда символов: «цветок» и «лист», «плод» и «лист», «плод» и «цветок», «цветок» и «лист» и «плод».

Символ «лист» часто символизирует множественность жизней и их краткость. Осенние листья могут рассматриваться как метафора смертности всего живого, скоротечности времени. Символ «цветок» отсылает к духовному совершенству, невинности, мысли о красоте, весне, молодости, доброте, быстротечности земной жизни души. Цветок – символ совершенства природы, круговращения идеального и матери-

ального, символ мира, гармонии законов Космоса, быстротечности земной жизни [7].

Объединение и использование нескольких символов в одном изделии можно рассматривать как объединение символик или, порой, как синтез новых смысловых конструкций системы языка искусства. Окраска и фактура часто определяют индивидуальный символизм.

Можно отметить, что во времена царской России для ювелирных изделий было характерно применение сложной графики, материалов, большого количества ручного труда, дорогостоящих материалов отечественного происхождения (рис. 1, 2).

Сегодня же наблюдается тенденция на некоторое упрощение техник изготовления, материалов, графики, что, вероятно, связано с всеобщим трендом на экономию, удешевление производственных затрат.



Рис. 1. Подвеска, фирма К. Фаберже, 1900–1908 гг., золото, бриллианты, эмаль, сталь, чеканка, гравировка, монтировка, закрепка [11]

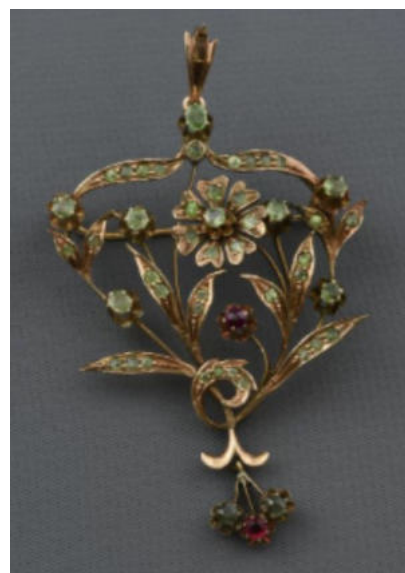


Рис. 2. Брошь-подвеска, мастерская А. Г. Москвина, 1908–1917 гг., Золото, рубин, демантоиды, стекло, монтировка, закрепка [12]

В Российской империи наиболее предпочтительным представлением символов «цветок», «лист», «плод» были декоративные фантазийные растения или отсылки к местной флоре. Современные изделия – это интерпретации, основанные на уже существующих интерпретациях. Реконструкции практически не встречались.

Многие современные работы демонстрируют интерес к русскому искусству, культуре и наследию прошлого. Это позволяет создать ассоциации с высшими слоями общества, их культурной жизнью, ценностями, элитарностью. Популярна тема народных промыслов. Символика передается не только при помощи изображения, но и через форму изделия.

В ходе настоящего исследования разработана таблица по символам флоры в ювелирных изделиях отечественных производителей за 2014–2024 гг. Названия символов взяты из «Системы символов костюма», разработанной Т. Л. Макаровой и базы данных Т. Л. Макаровой и С. Л. Макарова [10, 13].

На основе данных таблицы проанализированы природные символы – цветок, лист, плод. Можно отметить, что растительные символы, несмотря на типы и виды, имеют в основном положительную семантику: молодости, добра, красоты, жизни, радости, нежности. При этом наиболее часто применяются флоральные символы следующих цветов:

«лист» – зеленый, оранжевый; «цветок» – белый, красный, розовый, желтый, голубой, си-

ний; «плод» – красный, оранжевый, белый, зеленый, желтый.

Т а б л и ц а

Анализ символов флоры в ювелирных изделиях России за 2014–2024 гг.

Изображение	Название символа	Символика и семантика	Название, автор.	Год
	Плод. Наливное яблочко	Символ любви, брака, весны, силы, молодости, плодородия, спасения, долголетия, бессмертия, искушения [1]	Серьги из коллекции Russe, ювелирный дом Sokolov	2014
	Цветок. Традиционная роспись	Отсылает к традиционным народным промыслам (Гжель). Символ традиций, истории, культуры [14]	Сет из коллекции Russe, ювелирный дом Sokolov	2015
	Цветок. Традиционная роспись	Отсылает к традиционным народным промыслам (ростовская финифть). Символ традиций, истории, культуры [14]	Гарнитур, ювелирная компания «Золотые узоры»	2016
	Плод, лист. Клюква	Символизирует силу, здоровье, долголетие [15]	Гарнитур, ювелирная студия Ильи Палкина	2017
	Цветок. Традиционная роспись	Отсылает к традиционным народным промыслам (ростовская финифть). Символ традиций, истории, культуры [16]	Кольцо, ювелирная компания ZOLOTYE UZORY	2018
	Плод, лист. Рябина	Символ осени, мимолетности времени, уходящего тепла, красоты, женственности, нежности, душевной силы, времени, воспоминаний [16, 17]	Брошь, ювелирный дом «Русские Самоцветы»	2019

О к о н ч а н и е т а б л .

Изображение	Название символа	Символика и семантика	Название, автор.	Год
	Цветок, лист. Незабудка	Незабудка – не забудь меня. Символ верности, искренности, честности, открытости, памяти, ностальгии [18]	Брошь «Незабудка», ювелирный дом «Русские Самоцветы»	2020
	Цветок. Кубышка	Символ обращения к свету, перехода от потустороннего к посюстороннему. Символ чистоты, красоты, духовного просветления, надежды и любви [19, 20]	Брошь «Кубышка», ювелирный дом «Русские Самоцветы»	2021
	Цветок, лист. Одуванчик	Символ радости, счастья, легкости, жизни, исполнения желаний, успеха, позитива, открытости [21]	Брошь «Одуванчик», ювелирный дом RusGoldArt	2022
	Цветок, лист. Рогоз	Символ жизни, огня, власти, веры, послушания, скромности [2]	Брошь из коллекции «Голубушка», ювелирный дом Oxioma	2023
	Цветок, плод. Мак	Символ исцеления и молодости, начала и земных желаний [21]	«Маки», сет из двух колец, ПИ Jewelry	2024

Дизайнеры, используя растительные символы, могут создавать уникальные проекты, привлекающие потребителей и вызывающие позитивные ассоциации. Применение символов флоры в сочетании с различными цветами, материалами и текстурами позволяет создать особый шарм и сделать изделие уникальным. Ряд изделий выполнен так, что создается впечатление о ручной работе, в других украшениях прослеживаются отсылки к традиционным формам. Но современность накладывает свой отпечаток, порой модернизируя формы и технологии.

На рисунке 3 изображена круговая диаграмма, где отмечается соотношение встречаемости выявленных символов в ювелирных изделиях современной России (2014–2024 гг.). Можно отметить, что многие современные дизайнеры порой объединяют в своих изделиях сразу несколько символов одной группы (несколько цветов) или разных («цветок» и «плод», «цветок» и «лист», «цветок» и «плод» и «лист» и др.).

На основе изложенного, можно отметить, что в ювелирных изделиях Российской империи и современной России преобладает использова-

ние декоративных растений, вид которых определить затруднительно. В 2024 г. самыми распространенными являются символы «цветок», «цветок» и «лист», «цветок» и «плод», «лист», «плод» и «лист», «плод», «цветок» и «лист» и «плод» (в порядке уменьшения относительной частоты встречаемости в выборке за период 2014–2024 гг.). При этом чаще всего «цветок» представлен цветами, отсылающими к традиционным мотивам (гжель, хохлома, жостовские цветы, мезенская роспись и др.): например, роза, ромашка, василек и др. «Лист» часто синонимичен символам «цветок» или «плод», если встречается с ними в одном изделии или представлен декоративной фантастической вариацией на тему. Символ «плод» – «клюква», «желудь», «шишки», «рябина», «наливное яблочко» и др.

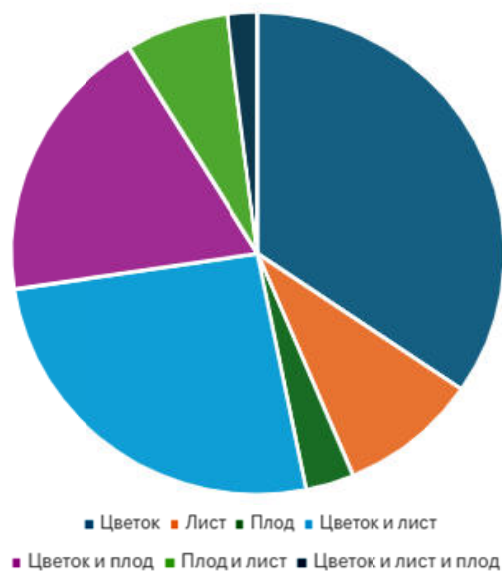


Рис. 3. Диаграмма встречаемости растительных символов в ювелирных изделиях современной России (2014–2024 гг.)*

В современных работах дизайнеры применяют разнообразные приемы выразительности для отображения изображений. Применяемые технологии разнообразны: от массового литья по выплавляемым моделям до ручной чеканки. Приме-

няются материалы различного происхождения – природного, искусственного или синтетического. Цвета используются в различных комбинациях, сочетаниях – отмечается применение красного, синего, голубого, желтого, оранжевого, зеленого, розового, коричневого, бежевого, черного, белого цветов.

ВЫВОДЫ

Выявлено, что в Российской империи и в современной России в ювелирных изделиях часто встречаются символы флоры, и определено их разнообразие с точки зрения символики. Иногда они переданы при помощи декоративного орнамента, рисунка, изображения, а иногда через форму самого изделия. Художественное решение многих современных работ сильно отличается от имперских, однако транслируемые символы все те же: как и прежде, изображают разные элементы растительного мира.

Использование символов флоры в дизайне ювелирных изделий помогает передать гармоничные смыслы. Самыми популярными символами являются «цветок», «цветок» и «лист», «цветок» и «плод», «лист», «плод» и «лист», «плод», «цветок» и «лист» и «плод»). В работах отечественных ювелиров можно отметить применение разных видов этих символов: символ «цветок» может быть передан через различные виды цветов, которые тоже имеют свое значение. Аналогично происходит с символами «лист» и «плод».

В современных ювелирных изделиях выражена эклектика: объединение нескольких разнородных элементов воедино, нескольких групп разных символов – то, что ранее не сочеталось друг с другом (по смыслу, по форме, цвету).

В современных работах ювелиров используются компьютерные технологии [3, 10, 13], в том числе нанотехнологии [22, 23], наряду с классическими техниками литья, чеканки, резьбы, чернения, золочения, гравировки, эмалирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Трессидер Дж., Палько С. Словарь символов. М., 1999. 447 с.
2. Флористика в русских народных промыслах // Gallerix.ru : сайт. URL: <https://gallerix.ru/lib/floristika-v-russkix-narodnyx-promyslax> (дата обращения: 10.03.2025).
3. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Разработка базы данных и компьютерной программы «Система символов в дизайне современного костюма» // Дизайн и технологии. 2013. № 38(80). С. 5–20.
4. Лужников М. В., Макарова Т. Л. Русские мотивы в графике современных ювелирных украшений // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025) : сб. докл. Нац. науч.-техн. конф. с между-

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

- нар. участием (Москва, 07–12 апреля 2025 г.). М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2025. С. 1675–1681.
5. Заева Н. А., Безденежных А. Г. Структурирование творческого процесса в дизайне ювелирных изделий // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 61–66.
 6. Корытов А. В. Проектирование ювелирных изделий на основе законов бионического формообразования : дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 250 с.
 7. Гольский И. А. Символика флоры в отношении человека к миру // Омский научный вестник. 2011. № 1(95) С. 56–59.
 8. Лазутина Т. В. Символический мир растительного орнамента в пространстве ювелирного искусства // Теория и практика общественного развития. 2015. № 22. С. 227–229.
 9. Лазутина Т. В., Лазутин Н. К. Символотворчество в ювелирном искусстве // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2015. № 7(57), ч. 2. С. 95–97.
 10. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Исследование системы символов костюма (ССК) в коллекциях дизайнеров 2016 г. в русском стиле и использование результатов исследования в разработке базы данных // Вестник славянских культур. 2019. Т. 54. С. 354–364.
 11. Подвеска. Фирма К. Фаберже. 1900–1908 гг. // Государственный исторический музей : офиц. сайт. URL: https://catalog.shm.ru/entity/OBJECT/5895292?fund_ier=647756979_647761896_647758921_647759298_647759399_647759424&keyword=629756562&index=47 (дата обращения: 07.03.2025).
 12. Брошь-подвеска. Мастерская А. Г. Москвина. 1908–1917 гг. // Государственный исторический музей : офиц. сайт. URL: https://catalog.shm.ru/entity/OBJECT/1709292?page=3&fund_ier=647756979_647761896_647758921_647759298_647759399_647759424&keyword=629756562&index=122 (дата обращения: 07.03.2025).
 13. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Информационные технологии в создании образа PR-мероприятий в индустрии моды (2006–2009 гг.) // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С. Г. Строганова. 2019. № 1-2. С. 314–321.
 14. Украшения с цветами: супер-тренд или классика // Ювелирный завод «Платина» : офиц. сайт. URL: <https://platina-jewelry.ru/blog/ukrasheniya-s-cvetami--super-trend-ili-klassika> (дата обращения: 11.03.2025).
 15. Фомин Н. Ключка // АртНау : интернет-галерея современного искусства. URL: <https://artnow.ru/kartina-Klyukva-hudozhnik-Fomin-Nikolay-56761.html> (дата обращения: 14.03.2025).
 16. Народные промыслы России // Культура.РФ : интернет-портал. URL: <https://www.culture.ru/s/narodnye-promysly-rossii> (дата обращения: 07.03.2025).
 17. Агапкина Т. А. Символика деревьев в традиционной культуре славян // Славянский альманах. 2013. № 1012. С. 365–375.
 18. Значения символов в украшениях // Krasnoe : офиц. сайт компании. URL: <https://krasnoe.com/blog/znacheniya-simvolov-v-ukrasheniyakh> (дата обращения: 03.03.2025).
 19. Водяная лилия // Anna Nova : офиц. сайт компании «Анна Нова арт». URL: <https://annanovajewelry.com/vodliliya> (дата обращения: 03.03.2025).
 20. Муравьева Л. Водяная лилия // astromeridian.ru : онлайн-журнал. URL: <https://www.astromeridian.ru/magic/what-does-the-water-lily-symbolize.html?ysclid=mfw6clpsc0509615666> (дата обращения: 03.03.2026).
 21. Кирло Х. Словарь символов. 1000 статей о важнейших понятиях религии, литературы, архитектуры, истории / пер. с англ. Ф. С. Капицы, Т. Н. Колядич. М. : Центрполиграф, 2010. 525 с.
 22. Сигов А. С., Гладышев И. В., Юрасов А. Н. Нанoeлектроника и нанотехнологии: перспективные подходы в образовательном процессе // Russian Technological Journal. 2022. № 10(4). С. 93–100.
 23. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Медиа технологии в реализации образовательных программ магистратуры социально-гуманитарного профиля : монография. М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. 169 с.

REFERENCES

1. Tressider J., Palko S. Dictionary of Symbols. Moscow, 1999. 447 p. (In Russ.)
2. Floristry in Russian Folk Crafts. gallerix.ru: website. URL: <https://gallerix.ru/lib/floristika-v-russkix-narodnyx-promyslax> (accessed 10.03.2025). (In Russ.)
3. Makarova T. L., Makarov S. L. Development of a Database and a Computer Program “System of Symbols in Modern Costume Design”. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2013;38(80):5–20. (In Russ.)
4. Luzhnikov M. V., Makarova T. L. Russian motifs in the graphics of modern jewelry. Advanced Materials and Technologies (PMT-2025): Collection of reports of the National Scientific and Technical Conference

- with international participation (Moscow, April 7–12, 2025). Moscow, MIREA – Russian Technol. Univ. Publ., 2025. P. 1675–1681. (In Russ.)
5. Zaeva N. A., Bezdeneshnykh A. G. Structuring the Creative Process in Jewelry Design. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2023;1(59):61–66. (In Russ.)
 6. Korytov A. V. Design of Jewelry Based on the Laws of Bionic Formation. Cand. techn. sci. dis. Moscow, 2004. 250 p. (In Russ.)
 7. Golsky I. A. Symbolism of flora in relation of man to the world. *Omskij nauchnyj vestnik* [Omsk Scientific Bulletin]. 2011. No. 1(95). P. 56–59.
 8. Lazutina T. V. The symbolic world of plant ornament in the space of jewelry art. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2015;22:227–229. (In Russ.)
 9. Lazutina T. V., Lazutin N. K. Symbol-making in jewelry art. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki*. [Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art criticism. Questions of theory and practice]. 2015; 7-2:95–97. (In Russ.)
 10. Makarova T. L., Makarov S. L. Study of the costume symbol system (CSS) in the 2016 designer collections in the Russian style and the use of the research results in database development. *Vestnik slavyanskikh kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2019;54:354–364. (In Russ.)
 11. Pendant. House of K. Fabergé. 1900–1908. State Historical Museum: official website. URL: https://catalog.shm.ru/entity/OBJECT/5895292?fund_ier=647756979_647761896_647758921_647759298_647759399_647759424&keyword=629756562&index=47 (accessed 07.03.2025). (In Russ.)
 12. Brooch-pendant. A. G. Moskvina's Workshop. 1908–1917. State Historical Museum: official website. URL: https://catalog.shm.ru/entity/OBJECT/1709292?page=3&fund_ier=647756979_647761896_647758921_647759298_647759399_647759424&keyword=629756562&index=122 (accessed 07.03.2025). (In Russ.)
 13. Makarova T. L., Makarov S. L. Information technologies in creating the image of pr-events in the fashion industry (2006–2009). *Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda. Vestnik RGHPU im. S. G. Stroganova* [Decorative art and subject-spatial environment. Bulletin of the Russian State University of Art and Industry named after S. G. Stroganov]. 2019;1-2:314–321. (In Russ.)
 14. Jewelry with flowers: a super trend or a classic // Platinum Jewelry Factory: official website. URL: <https://platina-jewelry.ru/blog/ukrasheniya-s-cvetami-super-trend-ili-klassika> (accessed 11.03.2026). (In Russ.)
 15. Fomin N. Cranberry. ArtNau: Online Gallery of Contemporary Art. URL: <https://artnow.ru/kartina-Klyukva-hudozhnik-Fomin-Nikolay-56761.html> (accessed: 14.03.2025). (In Russ.)
 16. Folk Crafts of Russia. Kultura.RF: official website. URL: <https://www.culture.ru/s/narodnye-promysly-rossii/> (accessed: 07.03.2025). (In Russ.)
 17. Agapkina T. A. Tree Symbolism in Traditional Slavic Culture. *Slavyanskij al'manah* [Slavic Almanac]. 2013;2012:365–375. (In Russ.)
 18. The Meanings of Symbols in Jewelry. Krasnoe: official website. URL: <https://krasnoe.com/blog/znacheniya-simvolov-v-ukrasheniyakh/> (accessed: 03.03.2026). (In Russ.)
 19. Water Lily. Anna Nova: official website. URL: <https://annanovajewelry.com/vodliliya> (accessed 03.03.2025). (In Russ.)
 20. Muravyova L. Water Lily. *astromeridian.ru*: online magazine. URL: <https://www.astromeridian.ru/magic/what-does-the-water-lily-symbolize.html?ysclid=mfw6clpsc0509615666> (accessed 03.03.2025). (In Russ.)
 21. Kirlo H. Dictionary of Symbols. 1000 Articles on the Most Important Concepts of Religion, Literature, Architecture, and History. Moscow, Tsentrpoligraf Publ., 2010. 525 p. (In Russ.)
 22. Sigov A. S., Gladyshev I. V., Yurasov A. N. Nanoelectronics and nanotechnology: promising approaches in the educational process. *Russian Technological Journal*. 2022;10(4):93–100. (In Russ.)
 23. Makarova T. L., Makarov S. L. Media technologies in the implementation of educational programs of the master's degree in the social and humanitarian profile. Moscow; Berlin, Direct-Media Publ., 2020. 169 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.12.2025
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

М. В. Лужников, магистрант

Т. Л. Макарова, доктор искусствоведения, профессор

Научная статья

УДК 74.01/09:739.2:612.843.7

EDN PYFMJH

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-70-74>

Кристина Владимировна Топчий¹

Ольга Александровна Зябнева²

^{1,2} МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

¹ topchiy@mirea.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2530-5401>

² zyabneva_o@mirea.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4168-372X>

ВИЗУАЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ВСТАВКИ В ЮВЕЛИРНОМ ДИЗАЙНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ

Аннотация. В статье авторы исследуют применение оптических иллюзий в ювелирном дизайне для увеличения визуального размера вставки. Методология включает опрос респондентов с предоставлением изображений иллюзий. Результаты выявили ключевые элементы композиции, влияющие на восприятие размера. На их основе даны рекомендации дизайнерам по использованию оптических эффектов.

Ключевые слова: ювелирный дизайн, оптические иллюзии, применение оптических иллюзий, ювелирные изделия, дизайн, визуальные эффекты, визуальный обман

Для цитирования: Топчий К. В., Зябнева О. А. Визуальное увеличение вставки в ювелирном дизайне с использованием оптических иллюзий // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 70–74. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-70-74>.

Original article

Kristina V. Topchiy¹

Olga A. Zyabneva²

^{1,2} MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

VISUAL MAGNIFICATION OF INSERTS IN JEWELLERY DESIGN USING OPTICAL ILLUSIONS

Abstract. The authors of the article explore the use of optical illusions in jewellery design to increase the visual size of the insert. The methodology includes a survey of respondents with the provision of images of illusions. The results revealed the key elements of the composition that influence the perception of size. Based on them, recommendations are given to designers on the use of optical effects.

Keywords: jewellery design, optical illusions, application of optical illusions, jewellery, design, visual effects, visual deception

For citation: Topchiy K. V., Zyabneva O. A. Visual magnification of inserts in jewellery design using optical illusions. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 70–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-70-74>.

Оптические иллюзии, представляющие собой ошибки в зрительном восприятии, возникают в результате неосознаваемой коррекции зрительного образа, что влияет на восприятие длины отрезков, величины углов или цвета изображенного объекта. Эти визуальные эффекты обусловлены особенностями физиологии зрения и психологии восприятия, что делает их интересным объектом исследования [1].

Ювелирный дизайн, являясь одним из самых выразительных и креативных направлений в искусстве, предоставляет мастерам уникальные возможности для создания запоминающихся

изделий [2]. В процессе поиска новых способов самовыражения особое внимание можно уделить использованию оптических иллюзий, которые позволяют не только формировать оригинальные формы, но и эффективно играть с иллюзией восприятия размера.

Цель исследования заключается в анализе особенностей восприятия оптических иллюзий, связанных с визуальным, в контексте ювелирного дизайна. В рамках исследования рассматриваются три оптические иллюзии и их применение в дизайне ювелирных украшений, а также методы создания уникальных ювелирных изделий с использованием оптических эффектов.

Задача исследования состоит в формировании рекомендаций для дизайнеров по интеграции оптических иллюзий в ювелирный дизайн для создания более привлекательных изделий.

Оптические иллюзии, которые можно интегрировать в ювелирный дизайн, могут быть реализованы в украшениях с использованием различных приемов. Рассмотрим некоторые.

Иллюзия иррадиации, проявляющаяся в изменении восприятия размеров объектов в зависимости от контекста, находит активное применение в дизайне ювелирных изделий. Использование декоративных покрытий, таких как рутениевание или чернение, позволяющих создавать контрастный фон на металлической поверхности, что значительно усиливает выразительность вставок [3–5].

Иллюзия Дельбёфа иллюстрирует два типа искажения: центральный круг в обоих случаях имеет одинаковый размер, однако в одном из них расстояние между кругом и внешним кольцом больше, что визуально создает впечатление уменьшения его размера. В ювелирном дизайне подобный эффект может быть достигнут путем применения декоративных накладок, размещенных рядом с центральной вставкой. В зависимости от диаметра и дизайна накладок центральная вставка может восприниматься больше или меньше своего фактического размера [6].

Иллюзия Эббингауза, так же известная как иллюзия относительного размера, демонстрирует, что два одинаковых круга кажутся разными по размеру в зависимости от окружения: среди больших кругов – меньше, среди маленьких – больше. Данная визуальная иллюзия находит широкое применение в ювелирном дизайне, известна как «обрамление». Этот метод предполагает использование мелких камней для создания обрамления вокруг более крупного центрального камня [7].

МЕТОДИКА. Методика исследования основывалась на проведении опроса, в ходе которого респондентам были представлены шесть изображений, иллюстрирующих оптические иллюзии в ювелирном дизайне. Изображения различались по различным параметрам, включая соотношение размеров и другие визуальные характеристики, что позволило определить, при наличии каких элементов визуальное восприятие размера центральной вставки воспринималось наиболее крупным. Для повышения точности ответов был предложен вариант «одинаковые» для тех респондентов, которые не замечали разницы между изображениями.

Выборка включала 103 респондента (43 юноши и 60 девушек) в возрасте от 18 до 24 лет.

Основная часть респондентов – студенты, что делает данную группу интересной для анализа потребительских предпочтений молодежи в сфере ювелирного дизайна. Сравнительный анализ ответов показал отсутствие значимых различий между юношами и девушками, что может свидетельствовать о схожести мнений и установок представителей обоих полов в данной возрастной группе.

Для обеспечения чистоты эксперимента и исключения влияния дополнительных факторов на результаты анализа визуального восприятия участникам исследования не была раскрыта информация о интеграции оптических иллюзий в ювелирный дизайн.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. В рамках проведенного исследования было принято решение, предполагающее систематизацию трех наиболее часто встречающихся вариантов ответов для каждого изображения в процентном соотношении по убыванию частоты. Данный подход позволяет акцентировать внимание на наиболее распространенных мнениях и предпочтениях, а также упрощает интерпретацию полученных данных.

В рамках исследования иллюзии иррадиации испытуемым были предложены различные соотношения размеров, которые показаны на рисунке 1. С помощью этих соотношений можно визуально определить, при каких условиях центральная вставка будет восприниматься существенно больше, чем ее фактический размер.

В соответствии с результатами проведенного опроса большинство респондентов (54,1 %) высказали мнение о том, что при соотношении 1/5 вставка будет восприниматься как визуально более крупная. На втором месте по численности оказалась группа участников, считающих, что соотношение 1/4 визуально представляется большим (26,3 %). Кроме того, 11 % опрошенных заявили, что вставки выглядят одинаково в любых соотношениях.

В рамках исследования иллюзии Дельбёфа были представлены два изображения, иллюстрирующие различные аспекты визуального восприятия. На рисунке 2 рассматривается влияние накладки разной ширины на восприятие размера вставки. На рисунке 3 показаны различные виды обработки поверхности, которые также влияют на визуальное восприятие вставки.

Согласно результатам исследования 48,2 % респондентов предпочли ширину накладки 2,5 мм, так как, по их мнению, центральная вставка выглядит больше. Однако 21,9 % опрошенных не заметили разницы между вариантами на изображении 2, указав, что все они выглядят одинаково. И 17,4 % участников отдали предпочтение варианту с шириной накладки 3 мм.

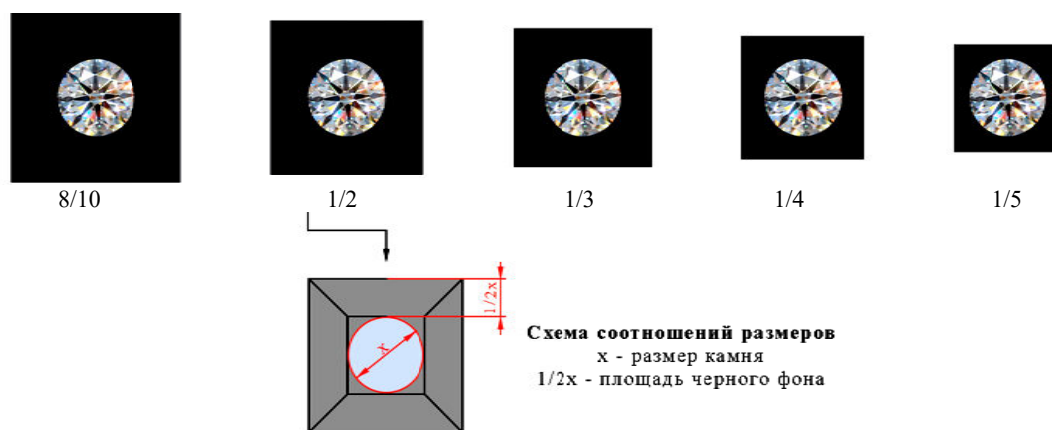


Рис. 1. Иллюзия иррадиации в разном соотношении покрытой поверхности



Рис. 2. Иллюзия Дельбёфа в разном соотношении размеров накладки



Рис. 3. Иллюзия Дельбёфа с различными вариантами обработки поверхности: а – матовая поверхность; б – полуматовая поверхность; в – полуглянцевая поверхность; г – глянцевая поверхность

По результатам анализа изображения 3 (см. рис. 3) 45,6 % респондентов отметили, что глянцевая поверхность визуально увеличивает размер центральной вставки. 27,4 % участников заявили, что различия в обработке поверхности нет, посчитав их одинаковыми. Интересно, что 16,8 % респондентов высказали мнение, что матовая поверхность способствует восприятию вставки как более крупной.

В рамках исследования иллюзии Эббингауза были представлены три изображения, каждое из которых предназначено для анализа различных факторов, влияющих на визуальное восприятие размера центральной вставки. На рисунке 4 показана процентная доля центрального камня по отношению к окружающим элементам. На рисунке 5 наглядно рассмотрено влияние расстояния между центральным камнем и окружающими камнями. Рисунок 6 рассматривает влияние изменения контраста центрального камня с шагом 20 %.

В ходе опроса 55,1 % респондентов высказали мнение, что камни, составляющие 20 % от центрального размера, оказывают значительное влияние на визуальное восприятие размера центральной вставки. На втором месте по количеству голосов оказался вариант 40 %, который поддержали 26,3 % участников исследования. В пользу варианта 30 % высказались лишь 11 % респондентов.

Согласно данным, представленным на рисунке 5, 47,8 % респондентов отметили, что расстояние в 1,05 мм при размере камней, составляющем 25 %, воспринимается как единый крупный элемент. Второе место по количеству голосов заняло расстояние 1,10 мм с размером камней 30 %, которое поддержали 23,9 % участников опроса. Заметим, что вариант с расстоянием 1,10 мм и камнями размером 35 % получил одобрение лишь у 15,1 % опрошенных.

Результаты исследования показали, что 43,1 % респондентов указали на центральную

вставку с контрастом 100 %. При этом 26,5 % участников отметили, что контраст 80 % создает визуальный эффект увеличения центральной

вставки, тогда как 15,1 % респондентов считают, что все представленные уровни контраста одинаково влияют на восприятие размера.

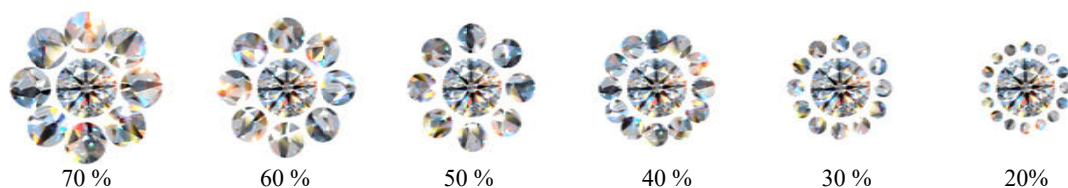


Рис. 4. Иллюзия Эббингауза. Центральный камень – 100 %.
Процент, указанный ниже, отражает долю от центрального камня

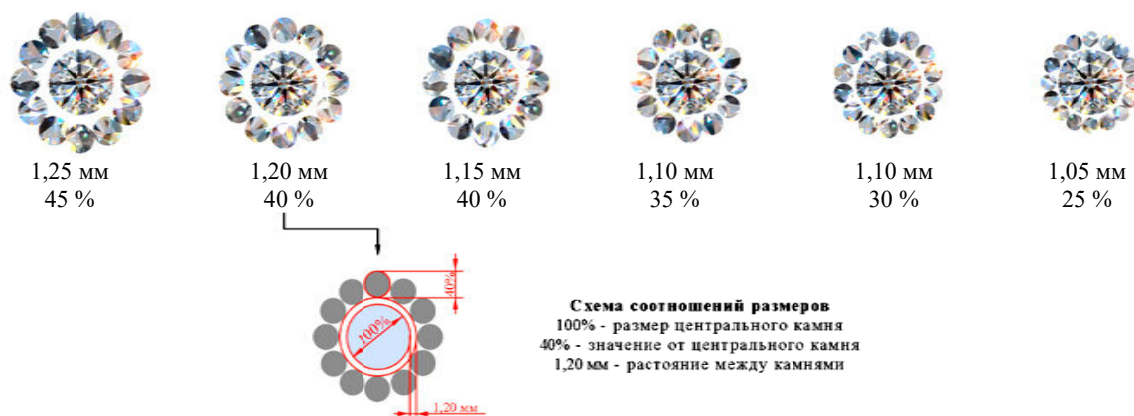


Рис. 5. Иллюзия Эббингауза. Расстояние между центральным камнем и окружающими его камнями меняется, что влияет на восприятие их размера



Рис. 6. Иллюзия Эббингауза. Изменение процента контрастности центральной вставки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ. Результаты показывают, что восприятие размера центральной вставки варьируется в зависимости от ряда факторов, таких как фон, размер окружающих элементов и их расположение. Такие параметры оказывают значительное влияние на когнитивные процессы, связанные с восприятием визуальной информации. Кроме того, проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что контекстуальные условия могут не только усиливать или ослаблять восприятие размера, но и изменять эмоциональную реакцию участников на представленные объекты. На основе полученных результатов были составлены рекомендации для визуального увеличения вставки в ювелирном дизайне с использованием оптических иллюзий.

При работе с иллюзией иррадиации для визуального восприятия размера стоит выбирать соотношение 1/5. Фон будет покрыт рутениеванием или чернением вокруг центрального кам-

ня. Также стоит обратить внимание на соотношение 1/4, которое тоже может создавать иллюзию большего размера.

Исследования, посвященные иллюзии Дельбёфа, показали, что ширина накладки может существенно влиять на восприятие размера центральной вставки. Для достижения желаемого эффекта в дизайне ювелирных изделий рекомендуется использовать накладки шириной 2,5 или 3 мм. Кроме того, важным аспектом является обработка поверхности: для создания необходимой иллюзии предпочтительнее выбирать глянцевую поверхность, которая подчеркнет центральную вставку.

Результаты исследования иллюзии Эббингауза демонстрируют, что расстояние в 1,05 мм при размере камней, составляющем 25 % от центрального элемента, воспринимается как единый крупный камень. Используя такое обрамление, можно создать разнообразные украшения, в которых этот эффект будет в полной

мере реализован. В то же время стоит обратить внимание на расстояние в 1,10 мм с размером камней 30 %. Хотя это расстояние не позволяет объединить камни в восприятии единого элемента, оно способствует визуальному увеличению размера центрального камня.

Результаты исследования контрастности для иллюзии Эббингауза показывают, что кон-

траст 100 % может визуально подчеркивать центральный элемент. Также стоит рассмотреть использование контраста 80 % для создания визуального эффекта увеличения. Однако следует помнить, что некоторые участники исследования считают, что все уровни контраста одинаково влияют на восприятие размера, поэтому важно учитывать контекст и цель дизайна.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Поплёвина В. А. Цвет, свет и оптические иллюзии в интерьере : учеб.-метод. пособие. Тамбов : Орион, 2016. 76 с.
2. Галанин С. И., Колупаев К. Н., Лебедева Т. В. Цветовой дизайн ювелирно-художественных изделий: проблемы и решения // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 36–42.
3. Куболиквидо Т. Дизайн оптических иллюзий. От теории к практике. М. : КоЛибри, 2021. 256 с.
4. Толанский С. Оптические иллюзии. М. : Мир, 1964. 143 с.
5. Бондарко В. М., Чихман В. Н. Искажение формы изображений в оптических иллюзиях // Оптический журнал. 2023. Т. 90, № 10. С. 67–79.
6. Girgus J. S., Coren S. Assimilation and contrast illusions: Differences in plasticity // Perception & Psychophysics. 1982. No. 32(6). P. 555–561.
7. Ежкина Л. В. Применение оптических иллюзий в архитектуре // Университетская наука. 2022. № 1(13). С. 44–49.

REFERENCES

1. Poplyovina V. A. Color, light, and optical illusions in the interior. Tambov, Orion Publ., 2016. 76 p. (In Russ.)
2. Galanin S. I., Kolupaev K. N., Lebedeva T. V. Color design of jewelry and art products: problems and solutions. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;2(60):36–42. (In Russ.)
3. Kubolikvido T. Designing Graphic Illusions. Moscow, KoLibri Publ., 2021. 256 p. (In Russ.)
4. Tolanskij S. Optical illusions. Moscow, Mir Publ., 1964. 143 p. (In Russ.)
5. Bondarko V. M., Chikhman V. N. Shape deformation in optical illusions. *Opticheskii Zhurnal* [Journal of Optical Technology]. 2023;90,10:67–79. (In Russ.)
6. Girgus J. S., Coren S. Assimilation and contrast illusions: Differences in plasticity. *Perception & Psychophysics*. 1982;32(6):555–561.
7. Ezhkina L. V. Application of optical illusions in architecture. *Universitetskaya nauka* [University Science]. 2022;1(13):44–49. (In Russ.)

Статья поступила 28.01.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

К. В. Топчий, ассистент

О. А. Зябнева, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 666.29

EDN QQUNHY

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-75-85>

Татьяна Викторовна Лебедева¹

Сергей Ильич Галанин²

Виктория Сергеевна Романовская³

Ольга Александровна Трошина⁴

^{1,2,3,4} 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>

⁴ olya.troshina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4190-4113>

ФОРМИРОВАНИЕ ЖИВОПИСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СУХОЙ ПОРОШКОВОЙ ЭМАЛЬЮ НА ПОВЕРХНОСТИ ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В работе приведены результаты разработки оригинальной методики формирования живописных изображений сухой порошковой эмалью для декорирования ювелирно-художественных изделий. Изображение формируется путем последовательного нанесения на металлическую поверхность или обожженный слой грунтовой эмали цветных слоев сухой порошковой эмали в соответствии с художественным замыслом. Показаны возможности получения миниатюрной живописи по мотивам творчества художников-импрессионистов, манера письма которых отлично подходит для разработанной живописной техники эмалирования. Данный прием обладает большим потенциалом для декорирования разнообразных ювелирно-художественных изделий и существенно расширяет возможности дизайна изделий с эмалевыми покрытиями.

Ключевые слова: горячее эмалирование, эмалевая поверхность, живописное изображение, миниатюрная живопись, сухая порошковая эмаль, импрессионизм, ювелирно-художественные изделия

Для цитирования: Формирование живописных изображений сухой порошковой эмалью на поверхности ювелирно-художественных изделий / Т. В. Лебедева, С. И. Галанин, В. С. Романовская, О. А. Трошина // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 75–85. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-75-85>.

Original article

Tatiana V. Lebedeva¹

Sergey I. Galanin²

Victoria S. Romanovskaya³

Olga A. Troshina⁴

^{1,2,3,4} Kostroma State University, Kostroma, Russia

FORMATION OF PICTORIAL IMAGES WITH DRY POWDER ENAMEL ON THE SURFACE OF JEWELLERY AND ART PRODUCTS

Abstract. The paper presents the results of the development of an original technique for the formation of pictorial images with dry powder enamel for the decoration of jewellery and art products. The image is formed by successive application of coloured layers of dry powder enamel to metal surface or a burnt layer of ground enamel in accordance with the artistic intent. The possibilities of obtaining miniature paintings based on the work of impressionist artists, whose style of writing is excellent for the developed painting technique of enamelling, are shown. This technique has great potential for decorating a variety of jewellery and art products and significantly expands the design possibilities of products with enamel coatings.

Keywords: hot enameling, enamel surface, pictorial image, miniature painting, dry powder enamel, impressionism, jewelry and art products

For citation: Formation of pictorial images with dry powder enamel on the surface of jewellery and art products / T. V. Lebedeva, S. I. Galanin, V. S. Romanovskaya, O. A. Troshina. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 75–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-75-85>.

Художественное горячее эмалирование является одной из традиционных и перспективных технологий, позволяющей создавать уникальные украшения. Оно обладает широчайшим потенциалом благодаря большому разнообразию декоративных способов, приемов и техник эмалирования [1–7]. Одним из важнейших преимуществ горячего художественного эмалирования является возможность формирования изображений с различными композиционными, колористическими и эстетическими характеристиками. На данный момент существует большое разнообразие подобных техник горячего эмалирования. В источниках [1–26] описаны различные способы получения изображений:

финифть, лиможская живопись, гризайль, камео, импасто, сграффито, трафаретная и графитная эмаль, живопись керамическими карандашами по эмалевой основе, формирование изображений с помощью эмалевых нитей и эмалевой зерни, мозаичные техники эмалирования и другие и примеры их использования (рис. 1).

Каждый из этих способов включает в себя определенную технологическую последовательность, обладает характерными особенностями, возможностями и имеет свои ограничения. Данная работа посвящена исследованию одного из способов формирования живописного изображения на декорируемой поверхности с помощью сухой порошковой эмали.

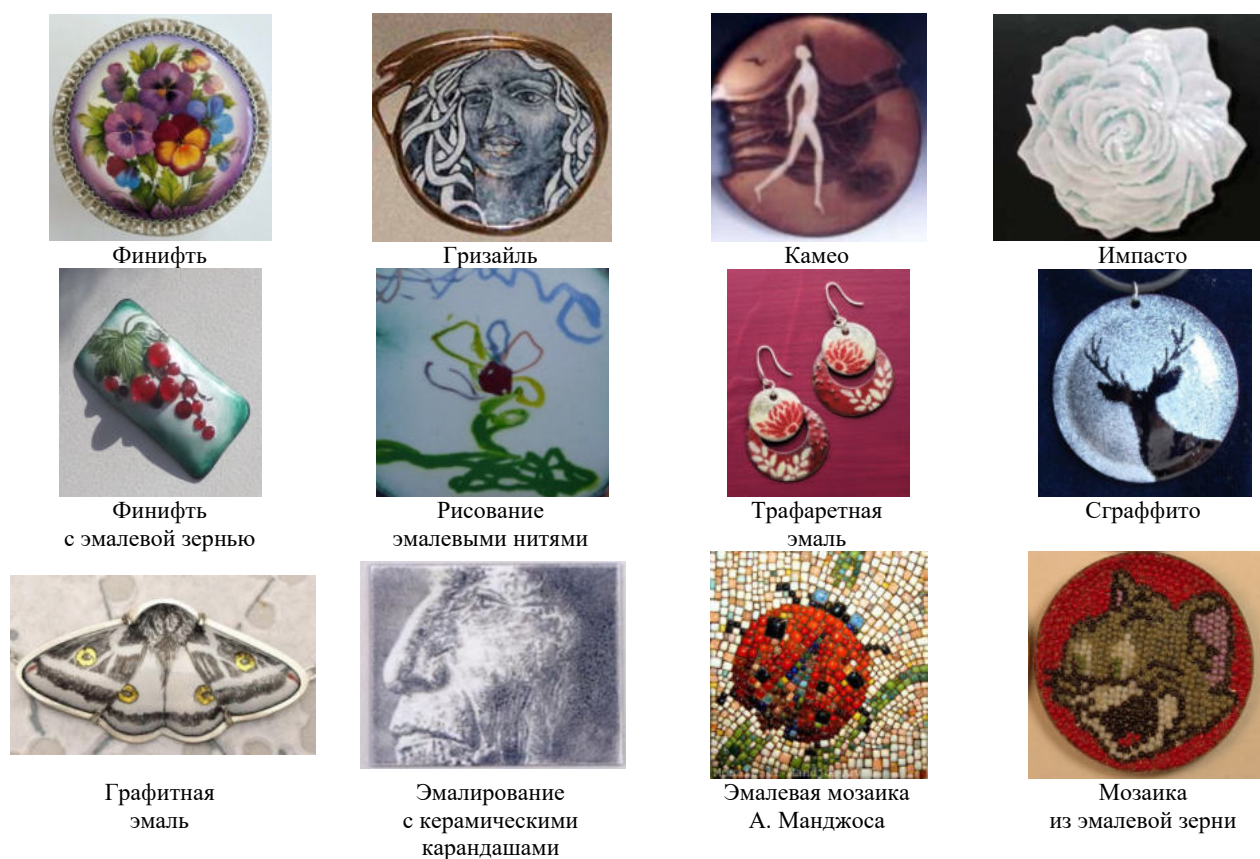


Рис. 1. Техники эмалирования для получения изображений*

1. Материалы, оборудование, инструменты и приспособления. Для экспериментов использовались образцы из меди марки М1, толщиной 1 мм. Для выбора гармоничного художественного и композиционного решения были подготовлены подложки разных форм и размеров (табл. 1).

На образцы наносились горячие эмали Дулёвского красочного завода (ДКЗ) и обжига-

лись при температуре 850 °С. Сведения об исследуемых эмалях представлены в таблице 2.

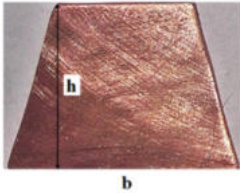
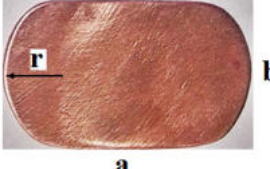
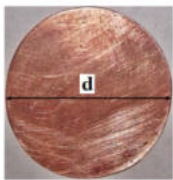
Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование, инструменты и приспособления:

- молоток и наковальня;
- муфельная печь;
- ступки и пестики для растирания эмали;
- подставки для обжига эмали;
- пинцет для работы с муфельной печью;
- шпатели и кисти для нанесения эмали;
- жарозащитные рукавицы.

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

Т а б л и ц а 1

Медные основы под эмаль

Образец	Размеры, мм	Образец	Размеры, мм
Прямоугольник 	$a = 25, b = 20$ $a = 28, b = 21;$ $a = 33, b = 23;$ $a = 34, b = 21;$ $a = 35, b = 20;$ $a = 35, b = 24;$ $a = 55, b = 34$	Трапеция 	$a = 20, b = 33, h = 22;$ $a = 15, b = 26, h = 19$
Овал 	$a = 33, b = 22, r = 11$	Круг 	$d = 35$

Т а б л и ц а 2

Используемые эмали

Цвет	Маркировка производителя	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$
<i>Непрозрачные эмали</i>		
1. Белая	№ 12	790...810
2. Желтая	№ 22	
3. Желтая	№ 34	
4. Темно-зеленая	№ 100	
5. Темно-голубая	№ 67	
6. Синяя	№ 91	
7. Голубая	№ 28	
8. Оранжевая	№ 131	
9. Красно-оранжевая	№ 132	
10. Красная	№ 134	
11. Серая	№ 33	750...770
<i>Прозрачные эмали</i>		
12. Бесцветный фондон	№ 32	790...810
13. Оранжевая	№ 133	
14. Зеленая	№ 84	
15. Темно-зеленая	№ 101	

2. Методика проведения экспериментальных работ. Процесс состоял из следующих последовательных этапов.

1. *Подготовка металлической основы.* Образцы различной формы выпиливались из листовой меди толщиной 1 мм. Для снятия внутренних напряжений образцы отжигались и отбеливались в 15 %-ном растворе лимонной кислоты.

2. *Нанесение контрэмали.* На обратную сторону некоторых образцов наносилась контрэмаль из отходов эмалевого производства в виде шликера, просушивалась и обжигалась.

3. *Нанесение эмалевого грунта.* Подготовка грунтовой эмали зависела от ее фракционного состояния (кусовая или порошковая). Эмаль в кусковой форме измельчалась с помощью молотка и наковальни и растиралась круговыми движениями пестиком в ступке в порошок. Порошковая грунтовая эмаль смешивалась с диспергированной водой и наносилась на лицевую

сторону металлической основы, просушивалась и обжигалась до зеркального блеска. В экспериментах № 1–3 слой грунтовой эмали не наносился, так как живописные слои сухой порошковой эмалью сразу наносились на подготовленную металлическую основу.

4. *Формирование живописного изображения.* На предварительно подготовленную металлическую основу или обожженное грунтовое покрытие, выступающее в качестве фона, в соответствии с художественным замыслом последовательно наносились цветные слои сухой порошковой эмали с помощью шпателя и кисти. При этом эмаль можно укладывать как на сухую, так и на увлажненную поверхность. По аналогии с финифтью детализация картины на большинстве образцов осуществлялась от наиболее общих и крупных базовых частей к самым тонким и небольшим элементам изображения. Сначала наносились крупные цветовые пятна картины, затем

выявлялись и уточнялись основные элементы, добавлялись второстепенные детали и необходимые штрихи. После нанесения каждый слой при необходимости сушился, обжигался до зеркального блеска и охлаждался.

3. Результаты экспериментальных работ. В ходе экспериментальных работ создавались образцы с живописными изображениями по мотивам творчества известных художников-импрессионистов Винсента Ван Гога, Клода Моне, Поля Сезанна и др. Перед авторами не стояла задача точного воспроизведения картин художников-импрессионистов. Они служили только источником вдохновения для формирования оригинальных живописных изображений.

1. *Этапы формирования живописных изображений по мотивам произведения Клода Моне «Сан-Джорджо Маджоре в сумерках»* (рис. 2) представлены в таблице 3.



Рис. 2. Клод Моне. Сан-Джорджо Маджоре в сумерках

Живописное изображение создавалось непосредственно на металлической основе без нанесения грунтового слоя эмали. При этом структурные составляющие изображения формировались сухой порошковой эмалью разных цветов в один слой вплотную друг к другу, без нахлеста.

Т а б л и ц а 3

Формирование живописного изображения по мотивам картины Клода Моне «Сан-Джорджо Маджоре в сумерках».
Размеры образца, мм: $a = 25$, $b = 20$

Этап	Используемые эмали	Образец до обжига	Образец после обжига
Нанесение слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: голубая № 28, желтая № 22, красно-оранжевая № 132, красная № 34, серая № 33		

2. *Этапы формирования живописных изображений по мотивам фрагмента* (рис. 3, а) *произведения Винсента Ван Гога «Звездная ночь»* (рис. 3, б) представлены в таблице 4.

Живописное изображение создавалось непосредственно на металлической основе без нанесения грунтового слоя эмали. При этом структурные составляющие изображения формировались при комбинировании техник нанесения. Сначала в один слой наносилась сухая порошковая эмаль двух цветов вплотную друг к другу, без нахлеста (глухие эмали: синяя № 91, красная № 134), затем на полученное изображение без промежуточного обжига наносилась сухая порошковая эмаль (глухие эмали: желтая № 22, желтая № 34, красно-оранжевая № 132, красная № 134).

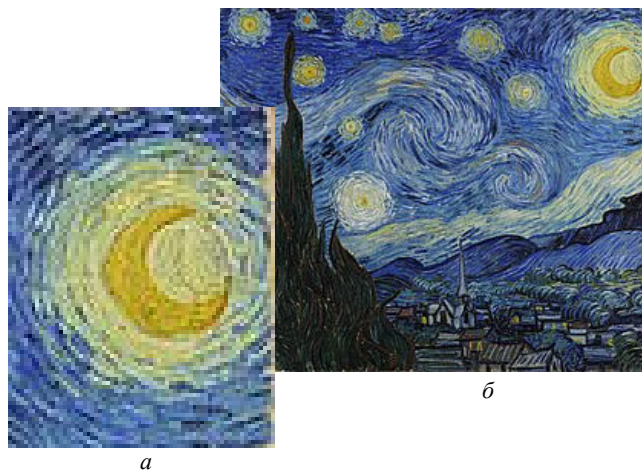
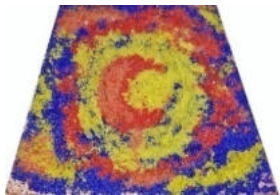
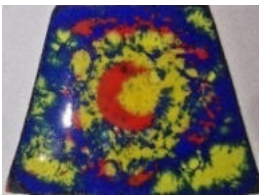


Рис. 3. Винсент Ван Гог. Звездная ночь

Т а б л и ц а 4

Формирование живописного изображения по мотивам картины Винсента Ван Гога «Звездная ночь»
Размеры образца, мм: $a = 15$, $b = 26$, $h = 19$

Этап	Используемые эмали	Образец до обжига	Образец после обжига
Нанесение слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: синяя № 91, желтая № 22, желтая № 34, красно-оранжевая № 32, красная № 134		

3. Этапы формирования живописного изображения по мотивам произведения Винсента Ван Гога «Пшеничное поле с кипарисами» (рис. 4) представлены в таблице 5. Живописное изображение создавалось непосредственно на металлической основе без нанесения грунтового слоя эмали.

4. Этапы формирования живописных изображений по мотивам произведения Винсента Ван Гога «Звездная ночь» (см. рис. 3, б) представлены в таблицах 6 и 7. По мотивам данной картины было изготовлено два образца разных размеров для выявления особенностей техники.

В таблице 8 дополнительно представлены образцы с живописными изображениями по

мотивам творчества известных художников-импрессионистов.



Рис. 4. Винсент Ван Гог.
Пшеничное поле с кипарисами

Т а б л и ц а 5

Формирование живописного изображения по мотивам картины Винсента Ван Гога «Пшеничное поле с кипарисами».
Размеры образца, мм: $a = 28$, $b = 21$

Этап	Используемые эмали	Образец до обжига	Образец после обжига
1. Нанесение первого слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: синяя № 91, темно-зеленая № 101, голубая № 28, желтая № 22		
2. Нанесение второго слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: белая № 12, голубая № 28, оранжевая № 131, зеленая № 100		

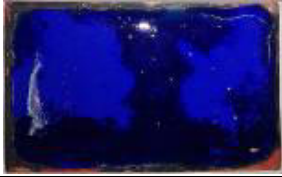
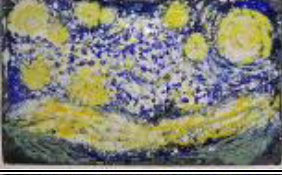
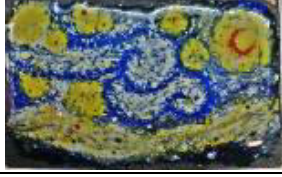
Т а б л и ц а 6

Формирование живописного изображения по мотивам картины Винсента Ван Гога «Звездная ночь»
Размеры образца, мм: $a = 35$, $b = 24$

Этап	Используемые эмали	Образец до обжига	Образец после обжига
1. Нанесение грунтового слоя влажным способом	Глухие эмали: синяя № 91, темно-голубая № 67		
2. Нанесение второго слоя сухой порошковой эмалью	Глухая белая эмаль № 12		
3. Нанесение третьего слоя сухой порошковой эмалью	Глухая желтая эмаль № 34		
4. Нанесение четвертого слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: серая № 33, красно-оранжевая № 132; прозрачная оранжевая эмаль № 133		

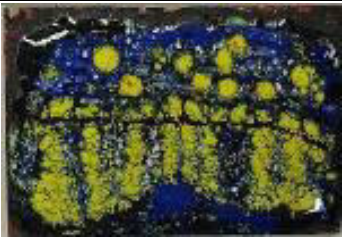
Т а б л и ц а 7

Формирование живописного изображения по мотивам картины Винсента Ван Гога «Звездная ночь»
Размеры образца, мм: $a = 55$, $b = 34$

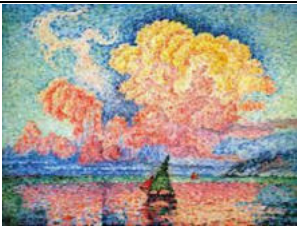
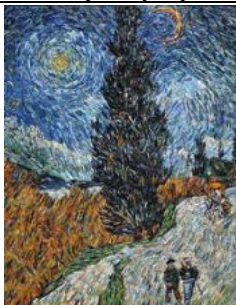
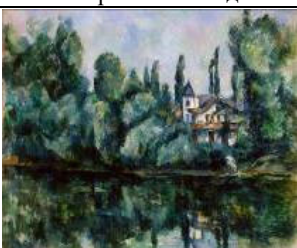
Этап	Используемые эмали	Образец до обжига	Образец после обжига
1. Нанесение грунтового слоя влажным способом	Глухие эмали: синяя № 91, темно-голубая № 67		
2. Нанесение второго слоя сухой порошковой эмалью	Глухая белая эмаль № 12		
3. Нанесение третьего слоя сухой порошковой эмалью	Глухая желтая эмаль № 34		
4. Нанесение четвертого слоя сухой порошковой эмалью	Глухая темно-голубая эмаль № 67; прозрачный фондон № 32		
5. Нанесение пятого слоя сухой порошковой эмалью	Глухие эмали: темно-голубая № 67, красно-оранжевая № 132; прозрачная оранжевая эмаль № 133		

Т а б л и ц а 8

Образцы с живописными изображениями по мотивам творчества известных художников-импрессионистов

Источник вдохновения	Полученный образец; размеры образца, мм	Используемые эмали	Количество обжигов
 Винсент Ван Гог. Звездная ночь над Роной	 $a = 35$, $b = 24$	Глухие эмали: синяя № 91, темно-голубая № 67, белая № 12, желтая № 22, желтая № 34, серая № 33, оранжевая № 131	5
 Клод Моне. Кувшинки	 $a = 33$, $b = 23$	Глухие эмали: синяя № 91, темно-голубая № 67, темно-зеленая № 100, белая № 12, желтая № 34, серая № 33; прозрачные эмали: оранжевая № 133	8

О к о н ч а н и е т а б л . 8

Источник вдохновения	Полученный образец; размеры образца, мм	Используемые эмали	Количество обжигов
 Поль Сезанн. Гора Сент-Виктуар со стороны Бельвю	 $a = 33, b = 22, r = 11$	Глухие эмали: синяя № 91, темно-зеленая № 100, желтая № 34, белая № 12, темно-голубая № 67, оранжевая № 131, серая № 33, красно-оранжевая № 132; прозрачные эмали: оранжевая № 133	6
 Поль Синьяк. Розовое облако	 $r = 35$	Глухие эмали: белая № 12, темно-голубая № 67, красно-оранжевая № 132, желтая № 22, оранжевая № 131; прозрачные эмали: оранжевая № 133	6
 Клод Моне. Сан-Джорджо Маджоре в сумерках	 $a = 20, b = 33, h = 22$	Глухие эмали: темно-голубая № 67, желтая № 34, оранжевая № 131, красно-оранжевая № 132, желтая № 22, серая № 33, белая № 12; прозрачные эмали: оранжевая № 133	6
 Винсент Ван Гог. Дорога с кипарисом и звездой	 $a = 35, b = 20$	Глухие эмали: темно-голубая № 67, оранжевая № 131, желтая № 34, темно-зеленая № 100, желтая № 22, голубая № 28, серая № 33, красно-оранжевая № 132; прозрачные эмали: темно-зеленая № 101	7
 Поль Сезанн. Берег Марны	 $a = 20, b = 33, h = 22$	Глухие эмали: синяя № 91, темно-зеленая № 100, белая № 12, темно-голубая № 67, серая № 33; прозрачные эмали: темно-зеленая № 101, зеленая № 84	9
 Винсент Ван Гог. Оливковая роща	 $a = 34, b = 21$	Глухие эмали: желтая № 34, красно-оранжевая № 132, темно-зеленая № 100, серая № 33, белая № 12	5

ВЫВОДЫ

1. В ходе работы создана оригинальная техника формирования живописного изображения сухой порошковой эмалью [27]. Результаты показаны на примере творчества ярких представителей художественного направления импрессионизм, так как их манера письма отлично подходит для разработанной живописной техники эмалирования. Пытаясь запечатлеть красоту окружающего мира, импрессионисты использовали яркие, чистые цвета, изображение наносилось отдельными мазками, цветными пятнами.

2. Прямоугольная форма основ для эмалирования наиболее гармонично подходит для выполнения работ по творчеству художников, так как приближена к формату воспроизводимых картин. Изображения круглой и овальной формы также выглядят достаточно эстетично.

3. Формирование живописного изображения сухой порошковой эмалью удобно осуществлять с помощью шпателя и сухой кисточки. Шпателем на основу насыпается необходимое количество эмали. Сухой тонкой кисточкой удобнее перемещать эмаль по основе, сдвигать в более плотный слой, накидывать эмаль одного цвета на другой, при этом слегка поправляя рисунок с помощью шпателя.

4. Сухую порошковую эмаль можно сразу наносить на подготовленную металлическую основу без нанесения грунтового покрытия, что упрощает и сокращает технологический цикл получения живописной вставки. Следует учитывать, что толщина первого слоя, нанесенного сухой эмалью, получается заметно тоньше по сравнению со слоем, наносимым традиционным влажным способом. При этом необходимо тщательно следить за тем, чтобы нигде не проступала металлическая основа, а слой эмали был равномерной толщины.

5. Для выполнения живописных работ в данной технике не требуется последовательное понижение температур плавления эмалей (как при изготовлении финифти). Роспись формируется послойно при одной и той же температуре обжига. Эмали ДКЗ, благодаря единому интервалу обжига, прекрасно подходят для работ в данной технике. Но эмали должны быть совместимы друг с другом по коэффициенту термического расширения.

6. Для достижения оригинального эффекта рекомендуется использовать порошковую эмаль разной степени измельчения для достижения особого художественного эффекта, имитирующего мазки кисти. Однако рекомендуется использовать эмаль с размерами эмалевого зер-

на не более 0,7 мм, так как более крупные частицы образуют слишком большие пятна, которые выбиваются из общей композиции изображения.

7. Структурные составляющие изображения (элементы и детали рисунка) можно наносить в любой последовательности, в том числе рядом друг с другом, перекрывая друг друга, а также друг на друга [27]. При этом важно следить за равномерностью получаемого в итоге эмалевого слоя, чтобы не было перепадов по высоте.

8. При создании живописного изображения на металлических основах толщиной 1 мм, площадью поверхности не более 9 см² и при условии нанесения не более 5 эмалевых слоев с учетом грунтового контрэмаля не обязательна.

9. Разработанная техника существенно расширяет возможности дизайна и обладает большим потенциалом для декорирования разнообразных изделий с эмалевыми покрытиями (рис. 5). Техника отличается оригинальностью, так как получить одинаковые изображения не возможно, даже при условии полного повторения всех действий по формированию рисунка.



а



б

Рис. 5. Авторское шейное украшение с эмалевой вставкой:

а – рендер; б – готовое изделие
(авт. В. С. Романовская, Д. Н. Львова,
рук. Т. В. Лебедева, О. А. Трошина)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бреполь Э. Художественное эмалирование / пер. с нем. И. В. Кузнецовой. Л. : Машиностроение, 1986. 183 с.
2. Мэттьюс Г. Л. Эмали, эмалирование, эмальеры. Омск : Дедал-Пресс, 2006. 199 с.
3. Лебедева Т. В., Проничев И. Л. Технология художественного эмалирования : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. 67 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. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные эффекты при горячем эмалировании : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2016. 96 с.
6. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные способы горячего эмалирования // Дизайн и технологии. 2019. № 69(111). С. 6–16.
7. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Классификация эмальерных технологий и их терминология // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 46–53.
8. Лебедева Т. В., Сырейщикова О. Н., Галанин С. И. Новые технологии формирования финифтяных вставок : монография. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2021. 104 с.
9. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Сырейщикова О. Н. Получение оригинальных эмалевых вставок с миниатюрной росписью // Дизайн и технологии. 2020. № 80(122). С. 64–70.
10. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Сырейщикова О. Н. Получение цветной эмалевой основы для росписи // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 2. С. 8–10.
11. Сырейщикова О. Н., Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные эффекты на финифтяных вставках, формируемые с применением эмалевой зерни // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2018. Т. 39, № 1. С. 77–81.
12. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декорирование финифтяных вставок эмалевой зернью // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 62–67.
13. Сырейщикова О. Н., Лебедева Т. В., Галанин С. И. Получение декоративных эффектов на финифтяной вставке с помощью элементов из серебряной фольги // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 45, № 3. С. 97–99.
14. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Сырейщикова О. Н. Получение финифти на рельефной эмалевой основе // Дизайн и технологии. 2020. № 78(120). С. 52–59.
15. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Сырейщикова О. Н. Получение изображений с 3D-эффектом на эмалевой поверхности // Дизайн и технологии. 2020. № 77(119). С. 53–56.
16. Лебедева Т. В., Смирнов М. Ю., Арчаков Д. А. Получение декоративных эффектов на эмалевой поверхности с помощью эмалевых нитей // Дизайн. Теория и практика. 2012. Вып. 9. С. 51–66.
17. Лебедева Т. В., Преженцова О. П. Получение декоративных эффектов на эмалевой поверхности методом сграффито // Дизайн. Теория и практика. 2014. Вып. 17. С. 76–88.
18. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Формирование микромозаики из эмалевой зерни // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 23–32.
19. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Исследование возможностей эмалевой зерни для формирования микромозаики // Технологии и качество. 2024. № 3(65). С. 42–52.
20. 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.
21. 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.
22. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Современные российские ювелирные эмали // Дизайн и технологии. 2023. № 95(137). С. 122–128.
23. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 58–64.
24. Галанин С. И., Рыбакова И. В., Колупаев К. Н. Особенности российских ювелирных брендов // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 34–43.
25. Галанин С. И., Сильянова Е. А. Материалы и технологии Рене Лалика // Технологии и качество. 2018. № 4(42). С. 52–58.

26. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Нашивные украшения с эмалью в историческом костюме и их место в современных трендах // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6(402). С. 208–214.
27. Пат. № 2834549С1 Российская Федерация МПК C23D 5/06 (2006.01), B44C 1/00 (2006.01). Способ получения декоративной эмалевой поверхности горячего отверждения на металлической поверхности / Лебедева Т. В., Галанин С. И., Романовская В. С.; заявитель и патентообладатель Костромской государственный университет. № 2024100286, заявл. 09.01.2024; опубл. 11.02.2025, Бюл. № 5.

REFERENCES

1. Brepol E. Enamelling Art. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1986. 183 p. (In Russ.)
2. Matthews G. L. Enamels. Enamelling. Enamels. Omsk, Dedal-Press Publ., 2006. 199 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. Publ., 2014. 138 p. (In Russ.)
5. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative effects in hot enameling. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2016. 99 p. (In Russ.)
6. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative methods of hot enameling. *Dizayn i tekhnologii* [Design and technologies]. 2019;69(111):6–16. (In Russ.)
7. Rybakova I. V., Galanin S. I. Classification of enamel technologies and the ir terminology. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;1(59):46–53. (In Russ.)
8. Lebedeva T. V., Syreyshchikova O. N., Galanin S. I. New technologies for the formation of finift inserts. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2021. 104 p. (In Russ.)
9. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Syreyshchikova O. N. Getting the original enamel inserts with miniature painting. *Dizayn i tekhnologii* [Design and technologies]. 2020;80(122):64–70. (In Russ.)
10. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Syreyshchikova O. N. Obtaining a color enamel substrate for painting. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizayna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2017;2:8–10. (In Russ.)
11. Syreyshchikova O. N., Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative effects in the finift inserts, formed with the use of enamellic grain. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2018;39,1:77–81. (In Russ.)
12. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorating finift inserts with enamel grain. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52):62–67. (In Russ.)
13. Syreyshchikova O. N., Lebedeva T. V., Galanin S. I. Obtaining decorative effects on finiftly insert with silver foil elements. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2019;45,3:97–99. (In Russ.)
14. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Syreyshchikova O. N. Getting the enamel miniature on a relief enamel basis. *Dizayn i tekhnologii* [Design and technologies]. 2020;78(120):52–59. (In Russ.)
15. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Syreyshchikova O. N. Getting images with 3D effect on enamel surface // *Dizayn i tekhnologii* [Design and technologies]. 2020;77(119):53–56. (In Russ.)
16. Lebedeva T. V., Smirnov M. Yu., Archakov D. A. Obtaining decorative effects on enamel surface using enamel threads. *Dizayn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2012;9:51–668. (In Russ.)
17. Lebedeva T. V., Prezhentsova O. P. Obtaining decorative effects on enamel surface by the sgraffito method. *Dizayn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2014;17:76–88. (In Russ.)
18. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Formation of micromosaics from enamel grains. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):23–32. (In Russ.)
19. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Investigation of the possibilities of enamel grains for the formation of micromosaics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;3(65):42–52. (In Russ.)
20. 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.)
21. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamelmaking: from the middle ages to the present. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):32–38. (In Russ.)
22. Rybakova I. V., Galanin S. I. Modern russian jewelry enamels. *Design and Technology* [Design and Technology]. 2023;95(137):122–128. (In Russ.)

23. 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.)
24. Galanin S. I., Rybakova I. V., Kolupaev K. N. Peculiarities of Russian jewelery brands. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;3(61):34–43. (In Russ.)
25. Galanin S. I., Silyanova E. A. Materials and technologies of Rene Lalique. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;4(42):52–58. (In Russ.)
26. Rybakova I. V., Galanin S. I. Sewn jewelry with enamel in a historical costume and their place in modern trends. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;6(402):208–214. (In Russ.)
27. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Romanovskaya V. S. *Sposob polucheniya dekorativnoj emalevoj poverhnosti goryachego otverzhdeniya na metallicheskoj poverhnosti* [Method for obtaining decorative enamel surface by hot curing on metal surface]. Pat. No. 2834549C1 Russian Federation IPC C23D 5/06 (2006.01), B44C 1/00 (2006.01). No. 2024100286. 2025. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 12.01.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Т. В. Лебедева, кандидат технических наук, доцент
С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор
В. С. Романовская, магистрант
О. А. Трошина, старший преподаватель

Научная статья

УДК 247.9; 679.8; 671.153

EDN OJSXMQ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-86-93>

Дарья Андреевна Румянцева

Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

dashka_07@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6772-8799>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМНЕЙ В РЕЛИГИОЗНОМ ЮВЕЛИРНОМ ИСКУССТВЕ: ТЕХНОЛОГИИ, СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ

Аннотация: В статье проведен анализ использования камней как основного материала для изготовления нательных икон, панагий, крестов и богослужебной утвари на протяжении временного периода от Крещения Руси до настоящего момента в различных регионах. Представлена периодизация применения различных видов огранки и обработки полудрагоценных и драгоценных камней. Прослежена взаимосвязь эволюции инструментов и расширения ассортимента материала. Рассмотрены художественные особенности изделий из камня, современные технологии и тенденции к использованию синтетических камней.

Ключевые слова: кабошоны, глухие касты, оправы, стеатит, яшма, огранка, драгоценные камни, резьба, панагии, богослужебная утварь, нательные кресты, образки, нанокамни

Для цитирования: Румянцева Д. А. Использование камней в религиозном ювелирном искусстве: технологии, способы обработки // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 86–93. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-86-93>.

Original article

Darya A. Rumyantseva

Kostroma State University, Kostroma, Russia

THE USE OF GEMSTONES IN RELIGIOUS JEWELLERY: TECHNOLOGIES, PROCESSING METHODS

Abstract. The article analyses the use of gemstones as the main material for manufacture of icons, panagias, crosses and liturgical utensils during the time period from the Baptism of Rus' to the present in various regions. The periodisation of the use of various stypes of cutting and processing of semiprecious and precious stones is presented. The relationship between the evolution of tools and the expansion of the range of materials is traced. The artistic features of gemstone products, modern technologies and trends towards the use of synthetic stones are considered.

Keywords: cabochons, deafcastes, frames, steatite, jasper, cut, precious stones, carvings, panagias, liturgical utensils, crosses, icons, nanogems

For citation: Rumyantseva D. A. The use of gemstones in religious jewellery: technologies, processing methods. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 86–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-86-93>.

В статье рассмотрен период с момента Крещения Руси в 988 году и до XXI века включительно.

Иконографии святых, схемы сюжетов пришли на Русь из Византии с принятием православия, святые узнавались если не по подписям, то по характерным элементам (конь, шапка-корзинка, характерное одеяние, жест).

На смену языческим оберегам пришли новые символы веры, к которым люди обраща-

лись, ища помощи. Русские князья при крещении брали себе имя христианского святого – своего покровителя. Больше всего иконок личного пользования изображают патрональных святых. В первые века после принятия православия особо популярны были изображения святых воинов (Дмитрий Солунский, Георгий Победоносец). Следующей категорией являются святые, чтимые повсеместно (Иисус Христос, Богоматерь, Николай Чудотворец), их популярность подтверждается большим количеством, найденных в археологических раскопах образ-

© Румянцева Д. А., 2026

ков с ними [1]. Также на нательных иконках изображали местночтимых святых, например покровителей города или святого – покровителя дела, которым занимался человек.

После 988 года и до установления татаро-монгольского ига было несколько городов – центров ювелирного искусства: Киев, Старая Рязань, Чернигов, Смоленск, Владимир. В них развивались разные виды ювелирных техник со своей спецификой, но после татаро-монгольского нашествия многие технологии были утрачены и не смогли восстановиться, преемственная связь ремесленников была разорвана.

В этот же период религиозный центр перемещается на север, в не тронутый нашествием Новгород Великий. Именно здесь в XII–XIV веках получила расцвет техника резьбы по камню, так называемые иконы на рези – каменные, выполненные из мягких пород камней – жировика (стеатита) или розового шифера [2]. Это искусство было характерно только для Новгородской и Псковской областей и не получило развития в других регионах. В Новгороде не прерывалась традиция ремесленной школы, были установлены тесные связи со Скандинавией, развивалось самобытное народное творчество. Все это накладывало отпечаток на особенности ювелирного искусства. Именно камень как основной материал иконок и крестов, а также использование камней, как элемент дизайна, будут темой данной статьи.

Для анализа используются образцы из музеев Москвы, Ярославля, Костромы, Углича, Переславля-Залесского, Твери, усадьбы «Коломенское», Архангельска, ризниц Ипатьевского монастыря и Троице-Сергиевой лавры, а также образцы современного производства.

Нательные образки XIV–XVI веков. В период 1345–1468 годов в Новгороде и Пскове зародилась традиция закладки каменных крестов в стены храмов. Она появляется внезапно и сразу крепко приживается, что указывает на заимствованный характер приема. В Византии

и на Балканах ничего подобного не встречается, поэтому, вероятно, эти элементы пришли из Западной Европы [3]. Расцвет производства каменных иконок в Новгороде приходится именно на XIV век, что говорит о синергии архитектуры и ювелирного искусства, наблюдаемой и в других регионах.

Иконки изготавливались из мягких пород камня, что обуславливалось несовершенными инструментами, которые не могли обрабатывать более твердые породы. Для примера, твердость стеатита (жировика или мыльного камня) по шкале Мооса составляет от 1 до 5,5, талька – 1, пиррофиллита (розовый шифер) – 1,5.

Часто иконы «на рези» были двусторонние, на одной стороне – образ святого, а на другой – избранный многофигурный сюжет из Святого писания [1]. Конструкция многих образков не предусматривает использование цепочки или шнура для их ношения (табл. 1, а). Скорее всего, их носили с собой в мешочке [1]. В некоторых образках прямо в изображении проделаны сквозные отверстия для подвесов (см. табл. 1, б). Вокруг изображения всегда существует плоская рама, никогда не украшаемая резьбой.

Позже для ношения икон на шее их окантовывали серебряной оправой с петлей для шнура (см. табл. 1, в, г). Рама могла либо покрывать всю заднюю сторону и загибаться на лицевую сторону или, закрывая торец, загибаться на две стороны, что было очень эргономично, если иконка была двусторонняя (см. табл. 1, в, г). Край рамки мог быть гладкий или декоративно оформлен (см. табл. 1, в, г). Так как иконы передавались из поколения в поколение, то оправы зачастую создавались позже.

Язык изображений образков минималистичен, достаточно условен, что связано с использованием выразительных качеств материала. Рельефное изображение выполнялось резьбой, чаще всего оно стилистически напоминало резьбу по дереву [4].

Т а б л и ц а 1

Нательные образки XIII–XIV вв.

№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
а–в	XIV в.	Великий Новгород	Камень; резьба	Нательный образ
г	XIII в.		Жировик-стеатит; скань, резьба	

Другой традиционный способ оформления каменных образков – широкая серебряная или золоченая оправа со спиралевидным орнаментом, выполненным в технике филигрании (табл. 2, а, б). Особый интерес представляет литое оглавие. На протяжении долгого времени его конструкция остается неизменной и имеет схожую форму: в виде полый квадратной бусины с характерными «ушами» для шнура. Оглавие и икона соединены петлями и штырем (см. табл. 2). Оглавие традиционно украшалось резным или литым изображением Иисуса Христа, херувима или камнем. Металлическая оправа накладывалась на плоскую каменную раму, а если камень был дорогой и его не хотели закрывать, то под раму подкладывали деревянные рейки или смоляную мастику.

Также существует более дорогой вариант оправы со вставками шлифованных полудрагоценных и драгоценных камней сферической

формы (см. табл. 2, б, в). Шлифовкой самоцвету старались придать относительно правильную форму и выявить яркость цвета. Такие камни получили название кабошенов (от фр. caboché – голова). Полудрагоценные и драгоценные камни имеют более высокую твердость, поэтому гранить их еще не могли, а только полировали, избавляя от неровностей и сколов. Гранить камни стали в XVIII веке, в эпоху Петра I. До открытия первых месторождений на территории Руси камни были привозными, с Востока или Европы. Камни располагались в глухих или ободковых кастах.

В Древней Руси верили в магические свойства драгоценных камней, а их цвет имел определенное символическое значение. Так, красные самоцветы символизировали доблесть, силу, храбрость и огонь; зеленые – жизнь, плодородие, надежду и радость; синие – удачу, спокойствие и умиротворенность [5].

Т а б л и ц а 2

Нательные образки XIV в. в оправках

№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
а	XIV в.	Великий Новгород	Камень, резба, металл, филигрань	Нательный образ
б	XIV в.		Камень, дерево, серебро, резба по камню; скань, гравировка, чернь, золочение	
в	Оправа – XV в.		Камень, поделочные камни, дерево, серебро, резба по камню; скань, гравировка, чернь, стекло, золочение	
г	XIV в.		Шифер, изумруды, рубины, золото, резба, литье	

Панагии XVII–XVIII веков. Появление немногочисленных панагий в России восходит к «Псалтыри митрополита Киприана» и связано с XV веком. Панагия – иконка овальной формы на цепи, которая носится на груди. Как правило, такие цепи делают плоскими, чтобы они не цеплялись за облачение и как можно меньше истирали его. На панагиях чаще всего изображается Богородица (отсюда и название «всесвятая» – одно из именований Богоматери), хотя также встречаются другие изображения (Христа или Святой Троицы). В русской традиции панагию носят только архиереи. Она является видимым признаком, позволяющим вне богослужения отличить архиерея от монашествующего священника [6].

Особую популярность панагии получили с XVII века. Немалую роль в российской жизни

на рубеже XVII–XVIII веков сыграла ориентация на Западную Европу с ее традициями наградных и геральдических знаков. Массовая презентация медалей и орденов, носимых выдающимися светскими лицами на парадных мундирах, влияла на внешнее оформление архиерейских панагий [6]. В Петровское время важнейшим атрибутом царских «жалованных» панагий стало навершие в виде короны, подчеркивающее величие архиерейского сана (табл. 3, б, г, ж, з).

Ювелирное искусство XVII–XVIII веков характеризуется появлением большого разнообразия камней и их обработки. Иконки из простых камней мягких пород теряют популярность из-за своей тяжести, а также отсутствия материальной ценности. Более того, если раньше изготовление икон из камня было дешевой

техники, то в XVII веке появление более дешевой медной штампованной продукции вытеснило иконы «на рези».

После установления империи и с появлением больших художественных стилей (барокко, ампир) развивается роскошная тенденция в создании украшений. Во-первых, совершенствуются инструменты, теперь русские ювелиры могут работать с камнями твердых пород. Во-вторых, появляется новый прием обработки камня – огранка. Камни становятся предметом роскоши и приобретают ценность, поэтому изделия богато украшаются россыпями камней. Теперь камни выступают не только основным материалом, а создают «оправу», декоративный элемент для образков, выполненных в других техниках (эмали, чернения) (см. табл. 3, в). Панагии становятся многоцветными, яркими, искрящимися предметами роскоши и статуса.

В конструкции панагий присутствует определенная схема: оглавие, основной объем, привеска снизу. Форма оглавий меняется, они выполняются в форме корон, бантов, солнц (см. табл. 3). Основной объем делится на средник, изображающий основной сюжет в разных техниках (резьба по камню, живопись по эмали), и раму, созданную из драгоценного металла в сочетании с поделочными или драгоценными камнями. Граненые камни выступают в сочетании с полированными кабошонами. Используются разные виды оправ камней, важным выразительным элементом выступает цвет. Именно естественный разнообразный цвет камней является их уникальным свойством.

Произведения московских и петербургских ювелиров, начиная с XVII века, характеризуются необычными, изысканными образцами, с использованием редких и дорогих материалов.

Таблица 3

Панагии

				
				
№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
<i>а</i>	1664–1672 гг.	Новгород Великий	Камень, серебро; резьба, скань, гравировка, золочение	Панагия
<i>б</i>	1692	Москва	Сапфиры, изумруды, рубины, алмазы, корунды, гранаты, бериллы, серебро, золото; резьба, эмаль, огранка, роспись, золочение	
<i>в</i>	1747–1752 гг.	Троице-Сергиева лавра	Серебро, золото, алмазы, рубины, изумруды, рубеллит, эмаль; живопись, чеканка, огранка	
<i>г</i>	1784 г.	Санкт-Петербург или Москва	Агат, серебро, бриллианты, жемчуг, золото; чеканка, гравировка, огранка	
<i>д</i>	1787 г.	Москва	Яшма, золото, сапфиры, изумруды, жемчуг, рубеллит; скань, зернь, чеканка, огранка, эмаль, гравировка,	
<i>е</i>	Конец XVIII в.	Санкт-Петербург	Гелиотроп, драгоценные камни, золото; чеканка, резьба по камню	
<i>жс</i>	1840-е гг.	Москва или Санкт-Петербург	Коралл, золото, серебро, бриллианты, аквамарины, альмандины, стекло; резьба, штамповка, огранка, чеканка	
<i>з</i>	1850-е гг.	Россия	Кварц (волосатик), хрусталь горный, аметисты, гошениты, серебро; резьба, огранка	

Богослужебная утварь. Полудрагоценные и драгоценные камни использовались и для украшения богослужебной утвари. Использование цветных камней и металла в богослужебных предметах играло символическую и сакральную роль. Золото в православии олицетворяет Бога, оно устойчиво к коррозии и через многие годы не меняет оттенка. Поэтому его ассоциируют с бессмертием Господа и вечностью православной веры. Камень в православии – это образ Христа. Иисус Христос в Евангелии от Матфея называет себя камнем. Библейскими камнями признаны 12 камней-самоцветов, которые упоминаются в Библии, в книгах Нового и Ветхого Завета. Это алмаз, изумруд, оникс, агат, карбункул (гранат), рубин, хризолит, аметист, сапфир, топаз, яспис (яшма), яхонт (корунды) [5]. Многие священнослужители отмечают связь между 12 драгоценными камнями и 12 апостолами. Каждому святому присвоен цветной камень, и все они соответ-

ствуют камням, упоминаемым в Откровении. Также 12 драгоценных камней олицетворяют ворота Нового Иерусалима.

Камни в украшении богослужебной утвари выступали как самостоятельные элементы, так и в сочетании с такими техниками, как литье, чеканка, перегородчатая эмаль, финифть (табл. 4, з, д, ж). Вначале использовались кабошоны, потом стали применяться граненые камни. Для крепления использовались высокие золотые оправы. Часто камни в глухих оправках устанавливали на специальных лапках, чтобы под них мог проникать свет, усиливая блеск. Глухие оправы могли быть гладкими или декорированными, а касты образуют разный узор, их число варьируется и зависит от фантазии мастера и изделия (см. табл. 4). Оправа является частью дизайна. Цветные пятна блестящих камней придают торжественность и декоративность. Камень – дополнительный цвет, ритм, часть композиции.

Т а б л и ц а 4

Богослужебная утварь

а	б	в	г	д
е	ж			
№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
а	1329 г.	Новгород Великий	Яшма, серебро, драгоценные камни; резьба, скань, золочение	Потир
б	Конец XIV – начало XV в.	Москва	Золото, драгоценные камни, жемчуг; скань, зернь	Корона с оклада иконы «Богоматерь Боголюбская»
в	1554 г.	Мастерские Кремля	Золото, драгоценные камни, жемчуг; чеканка, скань, эмаль	Оклад на икону
г	1571 г.	Мастерские Кремля	Золото, драгоценные камни, жемчуг; чеканка, эмаль, скань, зернь, чернь	Оклад Евангелия
д	1620–1630 гг.	Великий Новгород	Камни, серебро, стекла, жемчуг; чеканка, скань, резьба, канфарение, золочение	
е	Первая половина XVII в.	Ярославль	Камни, стекла, серебро; чеканка, золочение	Корона на икону
ж	1794 г.	Санкт-Петербург	Золото, серебро, драгоценные камни; литье, чеканка, золочение, гравировка, живописная эмаль	Оклад Евангелия

Кресты. Еще одним примером использования камней являются кресты. Кресты выполняли разные функции: небольшие нательные кресты (энколпионы) – как символ причастности верующего человека церкви и для защиты; реликварные кресты имели потайные отсеки для мощей; напестольные, алтарные, молебные кресты – крупные, декорированные объекты для богослужения. Кресты служили одновременно знаком веры, амулетом и объектом почитания. Эти функции определяли и форму, и выбор материалов – дорогие металлы и драгоценные вставки подчеркивали священность предмета и статус владельца.

Кресты, выполненные из цельного камня, так называемые корсунские, были очень распространены. Камни для крестов привозились из Византии. Яшму, агат, гранаты еще не могли обрабатывать, поэтому из использовали как форму-

основу, которую уже поверх украшали листовыми золотыми или позолоченными, резными или литыми накладками (табл. 5, б, в, д). Эти накладки украшались филигранью и грануляцией, а также камнями-кабошонами. Что примечательно – до XVII века оглавия у крестов идентичны по форме с каменными иконками, крепятся оглавия к крестам также при помощи петель и шарнира (см. табл. 5, б, в, г, д). После XVII века в крестах просматривается общая тенденция использования граненых камней.

Золото служило не только для долговечности и блеска, но и имело символическое значение.

Жемчуг часто использовали как обрамление или как «священный отблеск» вокруг изображений, усиливая визуальный блеск и апеллируя к представлениям о небесном свете (см. табл. 5, а, в, е, ж).

Т а б л и ц а 5

Виды крестов

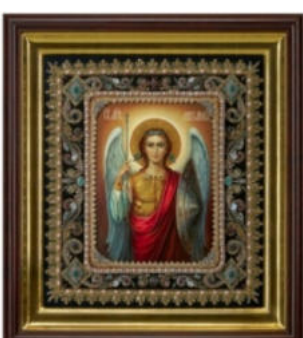
<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	
<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	
№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
<i>a</i>	Конец XV в.	Псков	Серебро, камни, стекло, жемчуг, дерево; скань, литье, золочение	Крест напестольный
<i>б</i>	Конец XV – начало XVI в.	Ярославль	Камень, серебро; резьба, литье, золочение	Крест наперсный «корсунский»
<i>в</i>	XVI в.	Великий Новгород	Агат, серебро, альмандины, бирюза, жемчуг; резьба, скань, золочение	
<i>г</i>	Конец XVI в.	Великий Новгород	Гранаты, серебро; скань, литье, гравировка, эмаль, монтировка, золочение	Крест наперсный
<i>д</i>	XVI–XVII вв.	Ярославль	Яшма, серебро, камни; резьба, литье, золочение	Крест наперсный «корсунский»
<i>е</i>	Вторая половина XVII в.	Ярославль	Изумруды, рубины, жемчуг, серебро, золото; эмаль, резьба, золочение	Крест наперсный (мощевик)
<i>ж</i>	1703 г.	Углич	Драгоценные камни, жемчуг, стекло серебро; чеканка, гравировка, чернь	Молебный крест
<i>з</i>	Вторая половина XVIII в.	Россия	Серебро, альмандины, кварц, горный хрусталь; живопись по эмали	Крест наперсный

XXI век. В ювелирном деле начинают широко использовать искусственные камни – фианиты, алмазы, изумруды, сапфиры, рубины, александриты и ряд других, синтезированных

в лабораторных условиях (табл. 6, а, д). Они по своим свойствам практически не отличаются от натуральных, их использование значительно уменьшает стоимость изделий.

Т а б л и ц а 6

Ювелирные изделия XXI в.

				
<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	
				
<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>		
№	Период	Регион	Материал, техника	Описание
<i>а</i>	XXI в.	Софрино	Нано-топаз, серебро; литье, инталия	Нательная икона
<i>б</i>	XXI в.	Троице-Сергиева лавра	Ювелирный сплав, янтарная крошка, эпоксидная смола	
<i>в</i>	XXI в.	Санкт-Петербург	Серебро, гранат	Складень-ставротека
<i>г</i>	XXI в.	Москва	Золото, платина, рубины	Крест нательный
<i>д</i>	XXI в.	Софрино	Серебро, финифть, фианиты	Панагия
<i>е</i>	XXI в.	Россия	Папье-маше, гранат, лабрадорит, опал, изумруд, турмалин, хрусталь, жемчуг, бисер, стразы, бархат, серебро, масло, марказит, перламутр	Икона
<i>ж</i>	XXI в.	Нижний Новгород	Керамит, поталь, сусальное золото, фронтовые лаки, натуральные самоцветы	

ВЫВОДЫ

На протяжении веков менялись ювелирные техники, орнаменты, но иконография не менялась, святой всегда узнаваем, схема не меняется, потому что главное, чтобы верующий узнавал того, кому молится.

До наших дней дошло много древних иконок из камня, благодаря хорошей сохранности материала. Традиция ношения каменных иконок пришла на Русь из Византии, где ценили лечебные, магические и защитные свойства камней [7].

Мастера, создававшие резные иконы из камня, часто заимствовали орнаменты, трактовку объемов, символы и особенности из домовой деревянной резьбы [4]. Производство икон «на

рези» напрямую связано с развитием технологий и инструментов. Раньше преобладали иконки из мягких камней, инструменты не позволяли обрабатывать твердые породы, с развитием техники начали использоваться полудрагоценные поделочные и драгоценные камни. Начиная с XVII века изготовление икон из камней стало премиальным искусством.

Монументальность и цельность иконок в XIII–XV века говорит о том, что ювелирное искусство и архитектура были неразрывно связаны, происходили заимствования и взаимообмен [8].

Когда начинаются большие стили, такие как рококо, барокко, в панагиях начинают играть роль элементы-маркеры стиля, мода и вку-

сы общества. Появляются очень пышные, сложносочиненные украшения сложных конструкций, совмещающих различные материалы, часто дорогостоящие.

С конца XX – начала XXI века в ювелирном деле при изготовлении предметов культа появляются новые, синтетические материалы и технологии: искусственно выращенные и облагороженные камни, эпоксидные смолы, нано-

кристаллы, 3D-печать, лазерная обработка, компьютерное моделирование и нанотехнологии. Ассортимент современных украшений разделен на премиальные и массовые изделия. Для вторых характерны недорогие технологии изготовления и простой дизайн.

Сохраняется преемственность дизайна – много предметов культа создается по образу и подобию вещей прошлых веков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Порфиридов Н. Г. Древнерусская мелкая каменная пластика и ее сюжеты // Советская археология. 1972. № 3. С. 200–207.
2. Рындина А. В. Древнерусская мелкая пластика : монография. М. : Наука, 1978. 190 с.
3. Древнерусские каменные кресты // Руниверсалис : энциклопедия. URL: <https://руни.рф> (дата обращения: 01.02.2026).
4. Постникова-Лосева М. М. Русское ювелирное искусство, его центры и мастера : монография. М. : Наука, 1974. 372 с.
5. Журавлева В. Л., Костина И. Д., Мунтян Т. Н. Искусство русских ювелиров. Девять веков истории. М. : Художник и книга, 2000. 176 с.
6. Шитова Л. А. Драгоценные панагии XVIII–XIX веков из ризницы Троице-Сергиевой лавры в собрании Сергиево-Посадского музея : монография. М., 2023. 136 с.
7. Архипова Е. И. Каменные иконы со святыми воинами: Византийское наследие и южнорусская традиция // Труды Государственного Эрмитажа. [Т. 74]: Византизм в контексте мировой культуры : материалы конф., посвященной памяти А. В. Банк (1906–1984) / Государственный Эрмитаж. СПб., 2015. С. 271–281.
8. Румянцева Д. А. Поиск пластического языка предметов среды и ювелирных украшений древней Руси: от язычества к православию // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 26–28 марта 2025 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2025. 1 CD-ROM. С. 170–174.

REFERENCES

1. Porfiridov N. G. Old Russian Small Stone Plastics and Their Subjects. *Sovetskaya arheologiya* [Soviet Archaeology]. 1972;3:200–207 (In Russ.)
2. Ryndina A. V. Old Russian Small Plastics. Moscow, Nauka Publ., 1978. 190 p. (In Russ.)
3. Ancient Russian Stone Crosses. Encyclopedia Runiversalis. URL: <https://руни.рф>. (accessed 01.02.2026). (In Russ.)
4. Postnikova-Loseva M. M. Russian Jewelry Art, Its Centers and Masters. Moscow, Nauka Publ., 1974. 372 p. (In Russ.)
5. Zhuravleva V. L., Kostina I. D., Muntian T. N. The Art of Russian Jewelers. Nine Centuries of History. Moscow, Khudozhnik i Kniga Publ., 2000. 176 p. (In Russ.)
6. Shitova L. A. Precious Panagia of the 18th – 19th Centuries from the Sacristy of the Trinity-Sergius Lavra in the Collection of the Sergiev Posad Museum. Moscow, 2023. 136 p. (In Russ.)
7. Arkhipova E. I. Stone Icons with Holy Warriors: The Byzantine Heritage and the South Russian Tradition. Proceedings of the State Hermitage Museum. [Vol. 74]: Byzantium in the Context of World Culture: Proceedings of the Conference Dedicated to the Memory of A. V. Bank (1906–1984). Saint-Petersburg, 2015. P. 271–281 (In Russ.)
8. Rumyantseva D. A. Search for the plastic language of the environment and jewelry of ancient Russia: from paganism to Orthodoxy. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2025. 1 CD-ROM. P. 170–174. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 08.02.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Д. А. Румянцева, аспирант

Научная статья

УДК 741; 671

EDN UDLQJE

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-94-100>

Ольга Николаевна Медведева¹

Надежда Александровна Заева²

Алла Германовна Безденежных³

^{1,2,3} Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия

¹ ukka-lo@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-6015-1830>

² ju_pirop@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0789-7132>

³ agranov2@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0744-0386>

РАЗВИТИЕ ГРАФИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ЮВЕЛИРНОГО РИСУНКА НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОБУЧЕНИЯ ДИЗАЙНЕРА-ЮВЕЛИРА

Аннотация. В статье рассмотрены особенности требований к ювелирной графике, предложены задания, позволяющие сформировать у студентов необходимые навыки. Процесс обучения ювелирному мастерству рассматривается в работе как технология обучения, которая имеет алгоритм логической последовательности. Главным элементом технологии обучения является содержание учебных заданий. В связи с этим возникает необходимость установления логической связи между знаниями, умениями и навыками, которые формируют профессиональное мастерство. В статье показаны образцы работ до и после выполнения учебных заданий одним студентом, описана педагогическая методика, испытанная в течение нескольких лет при подготовке дизайнеров-ювелиров.

Ключевые слова: структурирование процесса обучения, ювелирный дизайн, графические навыки, линия, эскиз, упражнение, ювелирный рисунок

Для цитирования: Медведева О. Н., Заева Н. А., Безденежных А. Г. Развитие графических навыков ювелирного рисунка на начальных этапах обучения дизайнера-ювелира // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 94–100. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-94-100>.

Original article

Olga N. Medvedeva¹

Nadezda A. Zaeva²

Alla G. Bezdenzhnykh³

^{1,2,3} Kostroma State University, Kostroma, Russia

DEVELOPMENT OF JEWELLERY DRAWING SKILLS AT THE INITIAL STAGES OF TRAINING A JEWELLER DESIGNER

Abstract. The article discusses the requirements for jewellery graphics and provides tasks that help students develop the necessary skills. The process of teaching jewellery making is presented as a learning technology with a logical sequence. The main element of the learning technology is the content of the training tasks. Therefore, it is necessary to establish a logical connection between the knowledge, skills, and abilities that form professional mastery. The article shows examples of work before and after completing training tasks by a single student and describes a teaching methodology that has been tested over several years in the training of jewellery artists.

Keywords: structuring of learning process, jewellery design, graphic skills, line, sketch, exercise, jewellery drawing

For citation: Medvedeva O. N., Zaeva N. A., Bezdenzhnykh A. G. Development of jewellery drawing skills at the initial stages of training a jeweller designer. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 94–100. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-94-100>.

Стремительное развитие инновационных процессов в настоящее время диктует необхо-

димость адаптации традиционной проектной культуры к современному социальному запросу общества и производства. Однако любые программы или технологии являются только инст-

© Медведева О. Н., Заева Н. А., Безденежных А. Г.,
2026

рументом в руках специалиста, качественно продуманный продукт может быть создан только при четком понимании проектировщиком технологических, эргономических и художественных характеристик изделия. Методология преподавания проектных дисциплин в высшей школе направлена на развитие проектного мышления, формирующегося в процессе выполнения практических графических работ [1]. Постепенное усвоение навыков проектной работы заключается в усложнении художественных требований, точности технологических ограничений, установленных заданием. Системно выстроенная педагогическая методика обучения дизайнера-ювелира имеет огромное значение в связи с тем, что ювелирный рисунок предполагает виртуозное владение специалистом графическими навыками [2].

Несмотря на рост использования цифровых технологий, 2D- и 3D-программ, традиционная графика остается важной частью процесса создания ювелирных изделий – от идеи, эскиза, проекта до воплощения изделия в драгоценном материале [3]. Обычно в художественном образовании графика воспринимается как часть образности, в ювелирном дизайне она работает как важный технический элемент, позволяющий передать идею при помощи очень небольших объемов. Графика в ювелирном проекте должна быть точной и аккуратной, отклонения в линии на толщину карандаша или даже 0,2 мм может значительно исказить пропорции всего изделия, а неточность в передаче пластики линии снизить художественную ценность проекта до неузнаваемости. Профессиональные требования к качеству графики в ювелирном дизайне часто не совпадают с уровнем подготовки студентов. Поэтому возникает необходимость в специальной методике для формирования этих навыков [4]. Рассмотрим особенности требований к ювелирной графике и задания, позволяющие сформировать у студентов навыки работы с карандашом, линией, передачей формы и материальности при помощи качественной копии.

Графические навыки – это не просто «умение рисовать», а основа работы ювелирного дизайнера. С помощью графики дизайнер выражает идеи и передает свое представление о конструкции изделия. Это язык общения с 3D-модельерами, мастерами, технологами и производством. В ювелирной графике важна точность линий, так как проект – это не просто плоскостной рисунок, а проекционное изображение объемно-пространственного объекта. Линии в ювелирной графике должны быть четкими и устойчивыми, а рисунок конкретным, предполагаю-

щим перенос в 3D-программы или на металлическую заготовку. Формирование навыков ювелирного рисунка – это сложный процесс, в котором участвуют глаза, руки и мозг.

Уровень владения студентами графическими навыками на первом курсе очень разный [5]. Большинство не умеют уверенно рисовать тонкие и точные линии. Это связано с тем, что в художественных школах и колледжах мало внимания уделяется работе карандашом, а также из-за слабого развития мелкой моторики. В ювелирном дизайне это становится особенно проблематично, так как масштаб работы не велик, и даже малейшая ошибка приводит к нарушению пропорций. 2D-графические программы на более поздних этапах обучения помогают, но без понимания важности настроя и характера линии в миниатюрных формах добиться значительных результатов сложно. Поэтому для формирования навыков профессиональной графики художника-ювелира нужны специальные задания [6].

Работа с линией – это психофизиологический навык, качество линии не вырабатывается сразу. Это сложный навык, в становлении которого участвуют развитое зрение, способность концентрировать внимание, точность движения рук, опыт работы с инструментом (карандаш, кисть, лайнер). Нервная система учится работать согласованно, что требует времени и постоянных упражнений. С регулярной тренировкой мелкая моторика совершенствуется, движения становятся более устойчивыми, отточенными, а линия – ровной. Важно, чтобы процесс не сводился к механическому повторению, а выполнялся с максимальным сосредоточением и усидчивостью. Таким образом, работа над линией – это не просто физическое упражнение, а комплексный процесс, который требует постоянного активного внимания для достижения заданного результата.

Важен также метрологический подход к оценке графической задачи. Как правило, в художественном образовании оценивают рисунок «на глаз», субъективная оценка графических работ происходит исходя из требований к трансляции образа – перспективные искажения, точность композиции, передача объема и пропорций предметов. В большинстве случаев качество линии или штриха не ведет к кардинальному изменению общего впечатления от работы. В ювелирной графике важны такие параметры, как ровность и пластическая выразительность линии, одинаковая толщина, точность направления и аккуратность соединений [7]. Когда речь идет о композиционных единицах размером 1...2 мм², любая погрешность в рисунке является

значительной. Структуризация, постепенно усложняя графические задачи, помогает развить у студента необходимые для художника-ювелира профессиональные качества, оценить реальный прогресс в развитии навыка, сравнивать результаты работы на разных этапах обучения [8].

Возраст студентов предполагает возможность и необходимость осознанного обучения. Понимание и осмысление целей, поставленных в учебных заданиях, обеспечивает серьезное отношение к работе. Самостоятельный анализ результатов регулярных упражнений способствует оценке влияния тренировки на прогресс профессиональных компетенций. Развивается самоконтроль, ответственность за свою работу и качество создаваемого художественного продукта. Качественная линия не ограничивает творческие порывы автора, а дает уверенность в том, что передача идеи не будет сдерживаться техническими навыками. Рассмотрим графические задания.

На первом этапе подготовки студентами выполняется эскиз небольшого изделия (брошь, подвеска). Данное тестовое задание направлено на определение и анализ первоначального опыта и качества графической культуры каждого студента. Как правило, более 70 % обучающихся не имеют необходимых навыков. По результатам тестовых заданий выстраивается алгоритм работы индивидуально для каждого студента или группы с одинаковым уровнем подготовки. Упражнения выполняются на каждом занятии в начале пары и занимают первые 15 мин учебного времени. Для студентов с нулевым уровнем подготовки используется тетрадь в клетку

и механический карандаш с грифелем средней жесткости. Такой выбор позволяет сосредоточиться на качестве линии, контроле нажима и точности движения; клетчатая разметка служит визуальным ориентиром. Цель упражнения не «красиво рисовать», а выработать:

- связь рука – мозг – глаз;
- умение проводить ровную линию;
- навык контроля нажима карандаша;
- навык работы в маленьком масштабе;
- аккуратность.

Базовое упражнение включает в себя выполнение вертикальных и горизонтальных линий. Лист условно делился на три части:

- на первой трети листа выполнялись линии длиной около 5 мм;
- на второй трети – около 30 мм;
- на последней трети – около 50 мм.

На рисунке 1 можно увидеть разные уровни графической подготовки студентов. На левом образце (высокий уровень) линии начинаются и заканчиваются на линейках тетради, линии выстроены параллельно, толщина линии и нажим на карандаш одинаковы. На образце базового уровня нажим на карандаш по небольшой длине линии не равномерен, а на третьем образце (начальный уровень) длина линии, нажим и четкость рисунка нарушены.

Изменение длины линии (рис. 2) постепенно увеличивает время концентрации внимания студента на конкретном действии. Уже на этом упражнении можно увидеть улучшение качества линии в третьем образце.

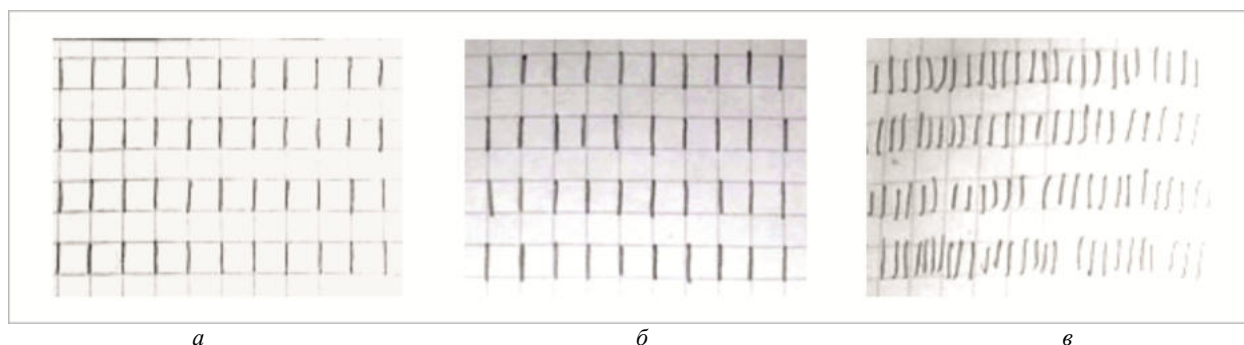


Рис. 1. Первая часть задания, выполненная студентами высокого (а), базового (б) и начального (в) уровней подготовки

Третья часть задания немного усложняет работу, повышая требование к внимательности студента (рис. 3). Плановмерно и постепенно выполняя упражнение в течение двух месяцев, обучающийся получает навык работы с линией.

На втором этапе студенты переходят к рисованию кругов в заданном масштабе (рис. 4).

По мере развития навыков тетрадь в клетку заменяется на лист без разметки, линии уве-

личиваются в размере до 10...15 см. Дополнительно появляются более сложные криволинейные и витиеватые формы, волнистые линии с тем же расположением, длиной и объемом работы.

На этом этапе развивается глазомер и оттачивается мастерство владения карандашом. Требования к качеству линии остаются прежними (рис. 5).

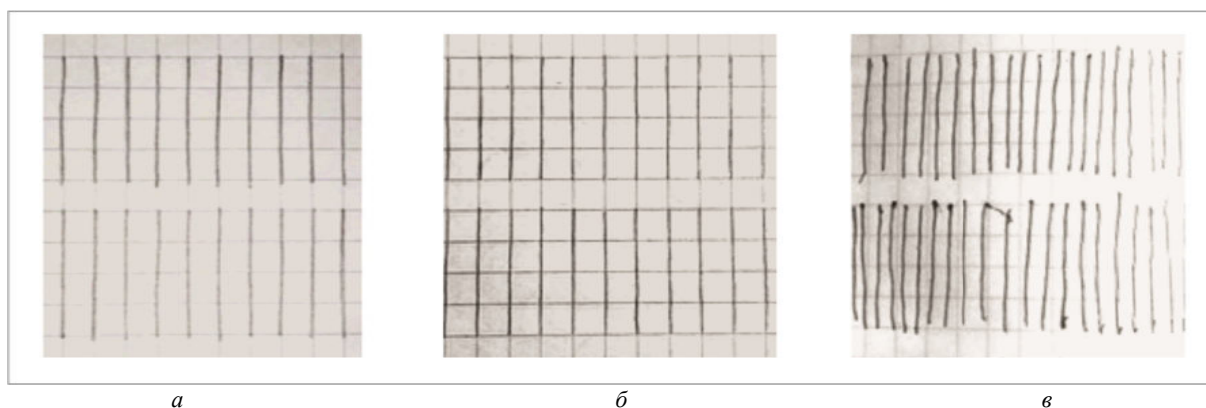


Рис. 2. Вторая часть задания, выполненная студентами высокого (а), базового (б) и начального (в) уровней подготовки

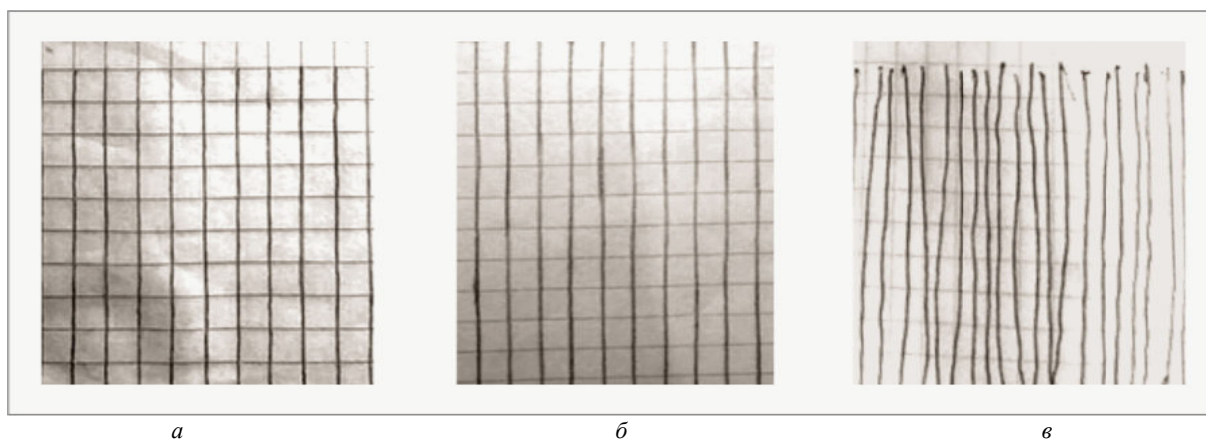


Рис. 3. Третья часть задания, выполненная студентами высокого (а), базового (б) и начального (в) уровней подготовки

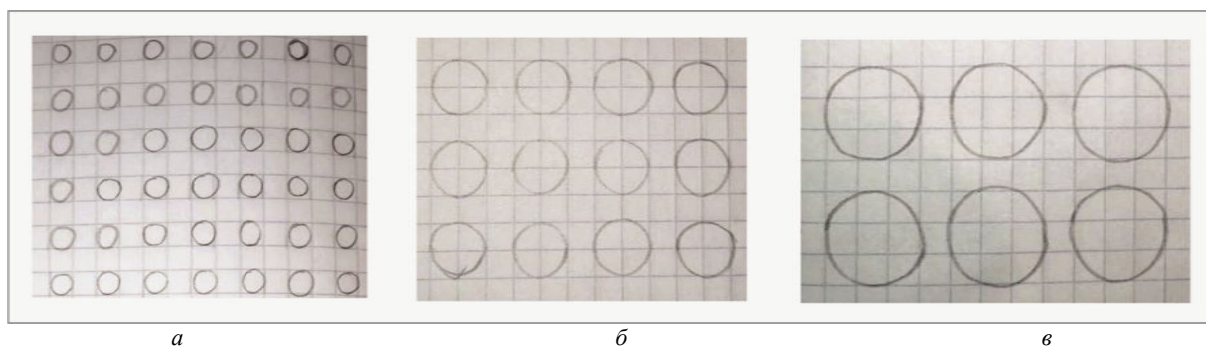


Рис. 4. Второй этап упражнений: окружность диаметром 5 мм (а), окружность диаметром 10 мм (б) и окружность диаметром 15 мм (в)

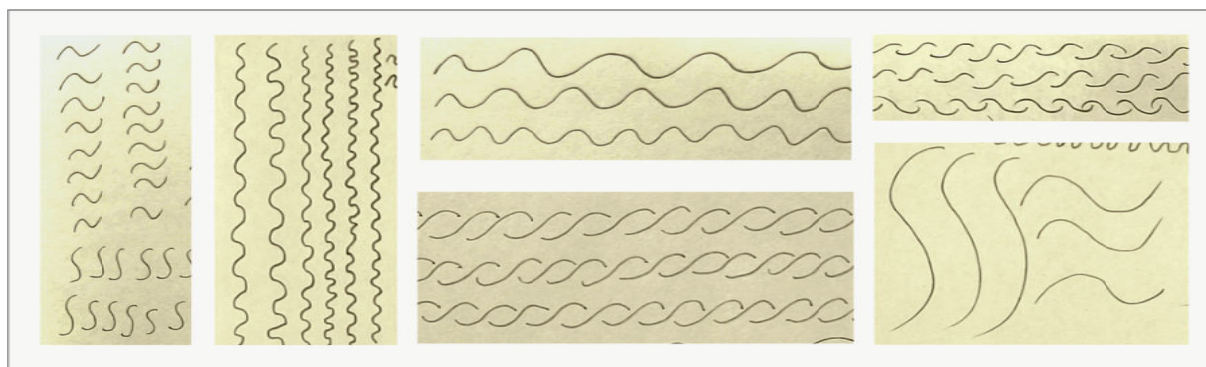


Рис. 5. Третий этап упражнений – волнистые линии на листе без разметки

В течение семестра упражнения постепенно усложняются в зависимости от уровня продвижения студентов. Получение навыков изображения ювелирного изделия начинается с копирования исторических изделий с фотографии. Этот этап работы предполагает развитие нескольких аспектов графического изображения объемного предмета – это точность силуэта, правильность пропорций, реалистичная передача цвета, расположения бликов и теней на поверхности изделия.

На примерах можно увидеть, как меняется качество рисунка в копиях ювелирных изделий (рис. 6, 7).

Последние задания в семестре – это копирование более мелких и многодетальных изделий, таких как серьги мастеров Древней Греции. Работы на рисунках 8 и 9, а демонстрируют копии изделий, выполненные в хорошем качестве. Линии в освещенных частях и в тени имеют разную насыщенность, светотеневая подача рисунка подчинена объему, фактура металла и дополнительных материалов передана качеством поверхности.

Итоговое задание предполагает выполнение авторского проекта студента по мотивам существующего профессионального изделия (см. рис. 9, б).



Рис. 6. Копии исторических ювелирных изделий, выполненные одним студентом: тестовый вариант (а, в), вариант после выполнения упражнений (б, з)

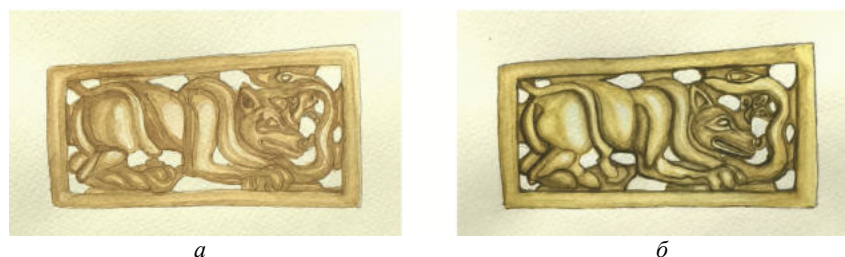
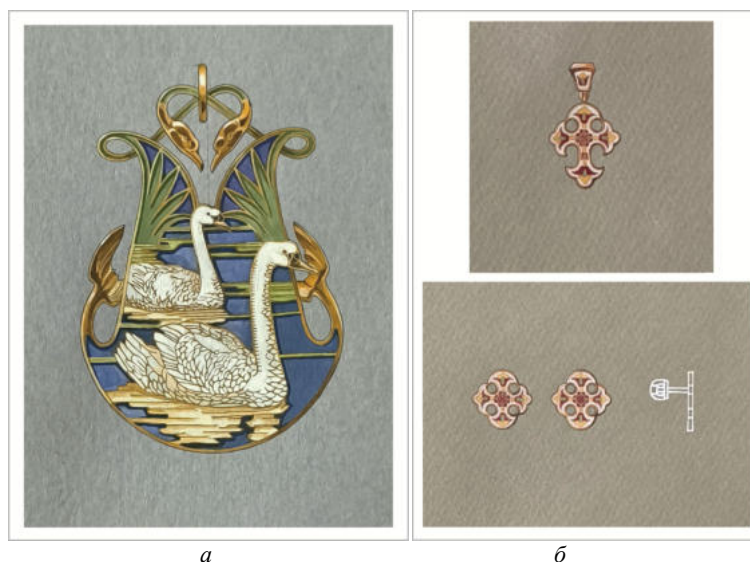


Рис. 7. Копии исторических ювелирных изделий, выполненные одним студентом: тестовый вариант (а), вариант после выполнения упражнений (б)



Рис. 8. Копии исторических ювелирных изделий



**Рис. 9. Копия исторического ювелирного изделия (а),
копия креста-подвески Мастерской Владимира Федорова
и изделия студента, спроектированного по мотивам креста (б)**

Для фиксации результатов проводится оценка работ и пояснение достижений и ошибок индивидуально для каждого обучающегося:

- используется сравнительный анализ;
- сопоставляются начальные и итоговые работы;
- выявляется динамика развития навыков.

ВЫВОД

Таким образом, формирование методологии в преподавании ювелирного рисунка в высшем учебном заведении требует особого подхода в связи с высоким уровнем запроса к художнику на рынке труда и недостаточными навыками, приобретаемыми молодежью в средней школе. Освоение ювелирного рисунка как одного из необходимых элементов проектной деятельности является неотъемлемой частью учебного процесса и необходимо для гармонизации

личностной и профессиональной компетенции специалиста [9]. Построение системы упражнений основано на постепенном и планомерном накоплении информации о требованиях к изображению украшений, технологии и производстве изделий по эскизам и опыта в использовании комплекса знаний для получения лучшего художественно-графического продукта. Систематическое использование методических рекомендаций помогает выработать и закрепить художественно-графические и проектные способности, обеспечить максимальную передачу через проект информации об объекте дизайна [10]. Применение индивидуального дифференцированного подхода в обучении повышает мотивацию студентов за счет понимания значимости профессиональной квалификации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безденежных А. Г., Заева Н. А., Каргина С. И. Ювелирный гарнитур как продукт синтеза ювелирной техники и 3D-проектирования // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2015. Т. 29, № 3. С. 123–127.
2. Заева Н. А., Безденежных А. Г., Макарова М. С. Методология формирования объемно-пространственных композиций при проектировании ювелирного гарнитура студентами творческих направлений // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2016. № 2. С. 72–75.
3. Заева Н. А., Безденежных А. Г., Шорохов С. А. Использование проектного обучения в подготовке дизайнера-ювелира в высшей школе // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2020. № 2. С. 111–114.
4. Максимова-Анохина Е. Н. Понимание формы и приемы ее анализа при обучении дизайнеров ювелирных изделий // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 53–58.

5. Максимова-Анохина Е. Н. Необходимость копирования художественных работ выдающихся мастеров живописи при обучении дизайнеров ювелирных изделий // Технологии и качество. 2020. № 4(50). С. 19–26.
6. Смекалова А. А. Интеграция различных видов искусств в подготовке ювелиров-бакалавров // Научное мнение. 2013. № 8. С. 245–251.
7. Заева Н. А., Безденежных А. Г. Структурирование творческого процесса в дизайне ювелирных изделий // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 61–66.
8. Заева Н. А., Безденежных А. Г. Проектирование современных ювелирных изделий с подготовкой конструкторско-технологической документации : учеб. пособие. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2017. 91 с
9. Быстрова Т. Ю. Вещь. Форма. Стиль: Введение в философию дизайна. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2001. 288 с.
10. Беннет Д., Маскетти Д. Ювелирное искусство : иллюстрированный справочник по ювелирным украшениям. М. : Арт-родник, 2005. 493 с.

REFERENCES

1. Bezdenzhnyh A. G., Zaeva N. A., Kargina S. I. Jewelry set as the product of the synthesis of the jewelry art and 3D design. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2015;29;3:123–27 (In Russ.).
2. Zaeva N. A., Bezdenzhnykh A. G., Makarova M. S. Methodology of forming three dimensional compositions when designing a jewelry set by students of creative directions. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 3. Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennye nauki* [Vestnik of the Saint Petersburg state University of technology and design. Series 3. Economic, humanitarian and social Sciences]. 2016;2:72–75 (In Russ.)
3. Zaeva N. A., Bezdenzhnyh A. G., Shorohov S. A. The use of project-based learning in the training of a jewelry designer in higher education. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 3. Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennye nauki* [Bulletin of the Saint Petersburg state University of technology and design. Series 3. Economic, humanitarian and social Sciences]. 2020;2:111–114 (In Russ.)
4. Maksimova-Anokhina E. N. Understanding the form and techniques of its analysis when teaching jewelry designers. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):53–58. (In Russ.)
5. Maksimova-Anokhina E. N. The necessity of copying the works of outstanding masters of painting in the training of jewelry designers. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;4(50):19–26 (In Russ.)
6. Smekalova A. A. . Integration of various types of arts in the training of jewelers-bachelors. *Nauchnoye mneniye* [Scientific Opinion], 2013;8:245–251. (In Russ.)
7. Zaeva N. A., Bezdenzhnykh A. G. Structuring the creative process in jewellery design. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;1(59):61–66. (In Russ.)
8. Zaeva N. A., Bezdenzhnyh A. G. Design of modern jewelry with preparation of design and technological documentation. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2017. 91 p. (In Russ.)
9. Bystrova, T. Yu. Thing. Form. Style: Introduction to the Philosophy of Design. Yekaterinburg, Ural Univ. Publ., 2001. 288 p. (In Russ.)
10. Bennett D., Maschetti D. Jewelry Art: An Illustrated Guide to Jewelry. Moscow, Art-Rodnik Publ., 2005. 493 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 13.03.2026
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

О. Н. Медведева, ассистент

Н. А. Заева, доцент

А. Г. Безденежных, кандидат технических наук, доцент

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

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

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

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

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

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

Построение статьи

Порядок размещения материала должен соответствовать представленному ниже списку.

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

Рекомендации по транслитерации

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

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

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

При подготовке раздела References транслитерируются:

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

Транслитерированные списки необходимо переработать с учетом следующих требований.

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

Разделительные знаки между полями:

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

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

Схема описания статьи:

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

Например:

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

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

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

Например:

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

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

Схема описания стандартов

- номер ГОСТ, название (транслитерация);
- перевод названия на английский язык в квадратных скобках;
- место издания, издательство (транслитерация), год, количество страниц, указание на язык ГОСТ (In Russ.).

Например:

GOST R-57470–2017. *Materialy tekstilnye. Metody ispytaniy netkanyh materialov. Opredelenie drapiruемости, vklyuchaya koehfficient drapiruемости* [State Standard R 57470–2017. Textile materials. Test methods for nonwovens. Definition of drapability, including drapability coefficient]. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 12 p. (In Russ.)

Схема описания патентных документов

- авторы;
- название патента (транслитерация);
- перевод названия на английский язык в квадратных скобках;
- сведения о патенте (страна, номер, год).
- указание на язык патента (In Russ.).

Например:

Lebedeva T. V., Galanin S. I., Romanovskaya V. S. *Sposob polucheniya dekorativnoj emalevoj poverhnosti goryachego otverzheniya na metallicheskoj poverhnosti* [Method for obtaining decorative enamel surface by hot curing on metal surface]. Pat. No. 2834549C1 Russian Federation IPC C23D 5/06 (2006.01), B44C 1/00 (2006.01). No. 2024100286. 2025. (In Russ.)

Подробную информацию по оформлению статьи

и составлению списка источников см.:

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

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2026 – № 2(72)

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 28.05.2026. Дата выхода в свет 30.06.2026. Формат бумаги 60×90 1/8.

Печать трафаретная. Печ. л. 13. Заказ 65. Тираж 500.

Цена свободная.

Адрес учредителя, издателя и редакции журнала:

156005, Костромская обл., г. Кострома, ул. Дзержинского, 17/11

E-mail: 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