

КГУ

Костромской
государственный
университет

ISSN 2587-6147

16+



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

4(70)
2025



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2025

№ 4(70)

ДЕКАБРЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

2025

No 4(70)

DECEMBER

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 государственной университет

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

СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН
доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХИН
доктор технических наук, доцент,
Костромской государственной 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 государственной университет

МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ
доктор технических наук, доцент,
Костромской государственной 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 государственной 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 государственной 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

- Калугина И. А., Леденева И. Н.,
Панов Р. С., Леденев М. О.**
Концепция формирования качества обуви
с верхом из войлока
в контексте экономики замкнутого цикла.....5
- Круглов А. В., Телегин Е. С., Круглов П. А.,
Матрохин А. Ю., Грузинцева Н. А.**
Автоматизированный подход
к определению коэффициента драпируемости
текстильных полотен..... 11
- Пашин Е. Л., Орлов А. В.**
Компьютерное моделирование
распределения волокон хлопка по длине
для имитации испытания по методу HVI..... 16
- Севостьянов П. А., Самойлова Т. А.,
Минаева Н. В.**
Влияние статистического разброса
характеристик волокон
на динамическую прочность пряжи23
- Рогова К. И., Чагина Л. Л.,
Шипова Н. С., Самохвалова А. Г.**
Экспертная комплексная оценка качества
инклюзивной одежды в контексте обеспечения
социальной реабилитации и адаптации людей
с ограниченными возможностями здоровья30

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Хосровян И. Г., Жукова А. А.,
Хосровян А. А., Хосровян Г. А.**
Разработка технологий производства
смесовой крученой пряжи
и ассортимента тканей
с содержанием льноволокна.....36
- Парсанов А. С., Тунцев Д. В.,
Красина И. В., Тихонова Н. В.**
Современные методы переработки
волокон технической конопли41
- Магнитский И. В., Сергеева Е. С.,
Кулев В. В., Палочкин С. В.**
Имитационная модель производственной линии
по изготовлению УУКМ на основе каркасов,
изготовленных методами намотки
и выкладки ткани.....49

CONTENTS

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

- Kalugina I. A., Ledeneva I. N.,
Panov R. S., Ledenev M. O.**
The concept of forming the quality
of footwear with felt upper
in the context of a closed loop economy 5
- Kruglov A. V., Telegin E. S., Kruglov P. A.,
Matrohin A. Yu., Gruzintseva N. A.**
An automated approach
to determining the coefficient of drapery
of textile fabrics..... 11
- Pashin E. L., Orlov A. V.**
Computer modelling
of cotton fibre length distribution
for simulated HVI testing 16
- Sevostyanov P. A., Samoiloa T. A.,
Minaeva N. V.**
Influence of statistical variations
of fibre characteristics
on dynamic strength of yarn23
- Rogova K. I., Chagina L. L.,
Shipova N. S., Samokhvalova A. G.**
Expert comprehensive assessment of the quality of
inclusive clothing in the context of ensuring social
adaptation and rehabilitation of people with
disabilities 30

TECHNOLOGY OF TEXTILE PRODUCTS AND LIGHT INDUSTRY

- Khosrovyan I. G., Zhukova A. A.,
Khosrovyan A. A., Khosrovyan G. A.**
Development of technology
for production of mixed twisted yarn
and a variety
of fabrics with linen content.....36
- Parsanov A. S., Tuntsev D. V.,
Krasina I. V., Tikhonova N. V.**
Modern methods of processing
technical hemp fibres 41
- Magnitsky I. V., Sergeeva E. S.,
Kulev V. V., Palochkin S. V.**
Simulation model of production line
for the manufacture of CCCM based
on winding
and laying frames 49

ДИЗАЙН

Галанин С. И., Романов А. А.
Нетрадиционные декоративные
неметаллические покрытия
ювелирных изделий и бижутерии.....59

Сильянов А. О., Галанин С. И.
«Прямое» литье
ювелирных изделий с камнями66

Ошеева В. А., Макарова Т. Л.
Тренды в дизайне
японских витрин-инсталляций71

**Цветков Д. М., Галанин С. И.,
Шорохов С. А.**
Лазерное декорирование поверхности
стали AISI 30478

**Сынышина А. В., Заева Н. А.,
Безденежных А. Г.**
Драгоценные новогодние украшения
в современном интерьере84

**Фигуровская Е. И., Фигуровский Е. М.,
Мамедова И. Ю., Дрюкова А. Э.,
Зябнева О. А.**
Выбор защитных и декоративных покрытий
в дизайне ювелирных изделий
с учетом стойкости
к воздействию внешних факторов92

**ТРЕБОВАНИЯ
К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ99**

DESIGN

Galanin S. I., Romanov A. A.
Non-traditional decorative
non-metallic coatings
for jewellery and costume jewellery59

Silyanov A. O., Galanin S. I.
“Direct” casting
of gemstone jewellery66

Osheeva V. A., Makarova T. L.
Trends in the design
of Japanese showcase installations71

**Tsvetkov D. M., Galanin S. I.,
Shorokhov S. A.**
Laser decoration
of AISI 304 steel surface78

**Synyshina A. V., Zaeva N. A.,
Bezdenezhnykh A. G.**
Precious New Year’s decorations
in a modern interior84

**Figurovskaya E. I., Figurovsky E. M.,
Mamedova I. Yu., Dryukova A. E.,
Zyabneva O. A.**
Selection of protective and decorative coatings
in jewellery design
taking into account resistance
to the impact of external factors92

**REQUIREMENTS
TO REGISTRATION OF ARTICLE99**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 685

EDN YSGWFL

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-5-10>

Ирина Александровна Калугина¹

Ирина Николаевна Леденева²

Роман Сергеевич Панов³

Максим Олегович Леденев⁴

^{1,2,3,4} Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

¹feraro86@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5635-9330>

²ledeneva-in@rguk.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5074-5186>

³panov-rs@rguk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3780-6534>

⁴maxiled@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3390-7541>

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБУВИ С ВЕРХОМ ИЗ ВОЙЛОКА В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема концептуального подхода к формированию качества обуви на примере войлочной. В статье затрагивается тема взаимосвязи факторов, влияющих на качество готовой обуви, и принципов экономики замкнутого цикла. Особое внимание уделено выявлению влияния того или иного фактора на качество ниточного соединения, скрепляющего детали верха обуви из войлока. Основное внимание в работе акцентируется на характеристике качества обуви на примере войлочной в рамках циклической экономики. Приведены основные элементы концепции формирования качества обуви в контексте экономики замкнутого цикла. Авторы отмечают и формулируют трудности для обувной промышленности, связанные с полным использованием циркулярной экономики. Показана схема взаимодействия в системе «человек – качество обуви – окружающая среда» в контексте циркулярной экономики. Определено значение использования принципов устойчивого производства и осознанного потребления, применения персонализации обуви в повышении качества обуви и внедрения экономики замкнутого цикла.*

***Ключевые слова:** качество обуви, экономика замкнутого цикла, осознанное потребление, концепция, войлок, ниточное соединение, детали верха обуви*

***Для цитирования:** Концепция формирования качества обуви с верхом из войлока в контексте экономики замкнутого цикла / И. А. Калугина, И. Н. Леденева, Р. С. Панов, М.О. Леденев // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 5–10. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-5-10>.*

Original article

Irina A. Kalugina¹

Irina N. Ledeneva²

Roman S. Panov³

Maxim O. Ledenev⁴

^{1,2,3,4} Kosygin State University of Russia (Technology. Design. Art), Moscow, Russia

THE CONCEPT OF FORMING THE QUALITY OF FOOTWEAR WITH FELT UPPER IN THE CONTEXT OF A CLOSED LOOP ECONOMY

***Abstract.** This article considers the problem of a conceptual approach to the formation of footwear quality. The article touches upon the topic of the relationship between the factors influencing the quality of finished*

© Калугина И. А., Леденева И. Н., Панов Р. С., Леденев М. О., 2025

footwear and the principles of a circular economy. Particular attention is paid to identifying the influence of a particular factor on the quality of a thread seam that fastens the upper parts of felt footwear. The main attention in the work is focused on the characteristics of the quality of footwear in terms of felt one within the framework of a circular economy. The main elements of the concept of forming the quality of footwear in the context of a circular economy are presented. The authors note and formulate the difficulties for the footwear industry associated with the full use of the circular economy. The scheme of interaction in the system "person – footwear quality – environment" in the context of a circular economy is shown. The importance of using the principles of sustainable production and conscious consumption, the use of footwear personalisation in improving the quality of footwear and the introduction of a circular economy is determined.

Keywords: shoe quality, circular economy, conscious consumption, concept, felt, sewing, details of footwear upper part

For citation: Kalugina I. A., Ledeneva I. N., Panov R. S., Ledenev M. O. The concept of forming the quality of footwear with felt upper in the context of a closed loop economy. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-5-10>.

Процесс сохранения сложной формы заготовки верха зависит не только от технологических операций участка формования, но и от конструкции заготовки верха. Сборка верха обуви из войлока является одним из ответственных и сложных технологических процессов [1]. Сложность заключается в том, что нитки не полностью закрывают образовавшиеся отверстия при проколе иглой, а также обладают большей гидрофильностью, чем сам материал, что отрицательно сказывается на теплозащитных свойствах войлочной обуви, при использовании ниточных соединений в заготовках верха.

Вследствие образования сквозных микротрещин при деформации иглой, а также учитывая технологические параметры ниточных соединений деталей верха обуви из войлока, влияющих на прочность, принимая во внимание толщину сшиваемых деталей, нами было предложено использовать «плоский шов» (плоскошовное ниточное соединение) с последующей герметизацией ниточного соединения. Низкая герметичность ниточных соединений отрицательно сказывается на теплозащитных свойствах войлочной обуви при ее эксплуатации и при воздействии разных видов агрессивных сред [2].

Ниточные соединения оказывают влияние на долговечность, износостойчивость и эргономичность войлочной обуви. Стремление к производству качественной войлочной обуви привело к необходимости детального изучения факторов, влияющих на качество ниточных соединений.

Процесс производства заготовки верха ниточным способом – один из основных способов соединения деталей при производстве обуви. Он прост, универсален, максимально обеспечен технологическим оборудованием. Наряду с этими достоинствами, способ имеет ряд специфических недостатков, связанных, в частности, с особенностями сшиваемых материалов [1].

На основе анализа научных исследований [3–7] нами выявлено влияние того или иного фактора на качество ниточного соединения. Нами была установлена требуемая частота строчки в зависимости от вида, толщины материала, сформулированы принципы выбора иглы, исследована прочность многорядных швов, определено число сложений ниток, величина припуска под строчку с учетом структурных особенностей материалов. В научных работах [8–12] определено, что внешний вид ниточного соединения зависит от вида состраниваемого материала, плотности и вида отделки лицевой поверхности, способа обработки краев деталей, толщины и эластичности ниток, размера стежков, вида шва и конструкции строчки. Показано, что толщина шва зависит от числа сложений материала, толщины сшиваемого материала и степени сжимаемости материала строчкой [13]. Структура швов, включающая расположение срезов сшиваемых материалов в шве, количество строчек, применяемых для выполнения шва, и их расположение также влияют на физико-механические свойства заготовок верха обуви [14]. Процесс соединения деталей ниточным способом определяется многими взаимосвязанными факторами, которые влияют на получение качественного ниточного соединения [1, 2, 15–17].

Качество обуви, в том числе с верхом из войлока, и экономика замкнутого цикла тесно связаны [17]. На качество обуви влияет прежде всего ее долговечность, а также использование экологических безопасных материалов. Использование качественных материалов, позволит снизить нагрузки на производство и будет способствовать уменьшению количества отходов. Применение экологичных материалов способствует использованию переработанных или биоразлагаемых компонентов.

Особенности экономики замкнутого цикла в обувной промышленности дают возможность повторного использования благодаря программам возврата старой обуви, переработки с разделением материалов для создания новых изделий, возможности утилизировать биоразлагаемые материалы, а также применению модели проката обуви для снижения перепроизводства. Применительно к обуви из шерстесодержащих войлоков это означает появление еще большего количества возможностей для сохранения природных ресурсов и уменьшения негативного влияния на экологию.

Наряду с этим, для обувной промышленности полное использование циркулярной экономики связано с определенными трудностями. Например, обувь зачастую состоит из смешанных материалов, которые трудно разделить, что приводит к сложностям переработки. Экологичные материалы и устойчивые технологии, обес-

печаивающие осознанное потребление, пока дороже традиционных. Потребительские привычки, связанные с быстрой модой, на сегодняшний день труднопреодолимы. Качественная обувь, созданная с учетом принципов циркулярной экономики, снижает экологический след и способствует устойчивому развитию. Однако для массового перехода нужны изменения в производстве, законодательстве и потребительском поведении.

Концепция формирования качества обуви включает комплексный подход к обеспечению ее функциональности, долговечности, безопасности и эстетики на всех этапах жизненного цикла – от использования природных ресурсов и идеи до переработки и утилизации. На рисунке представлена схема взаимодействия в системе «человек – качество обуви – окружающая среда» в контексте экономики замкнутого цикла.

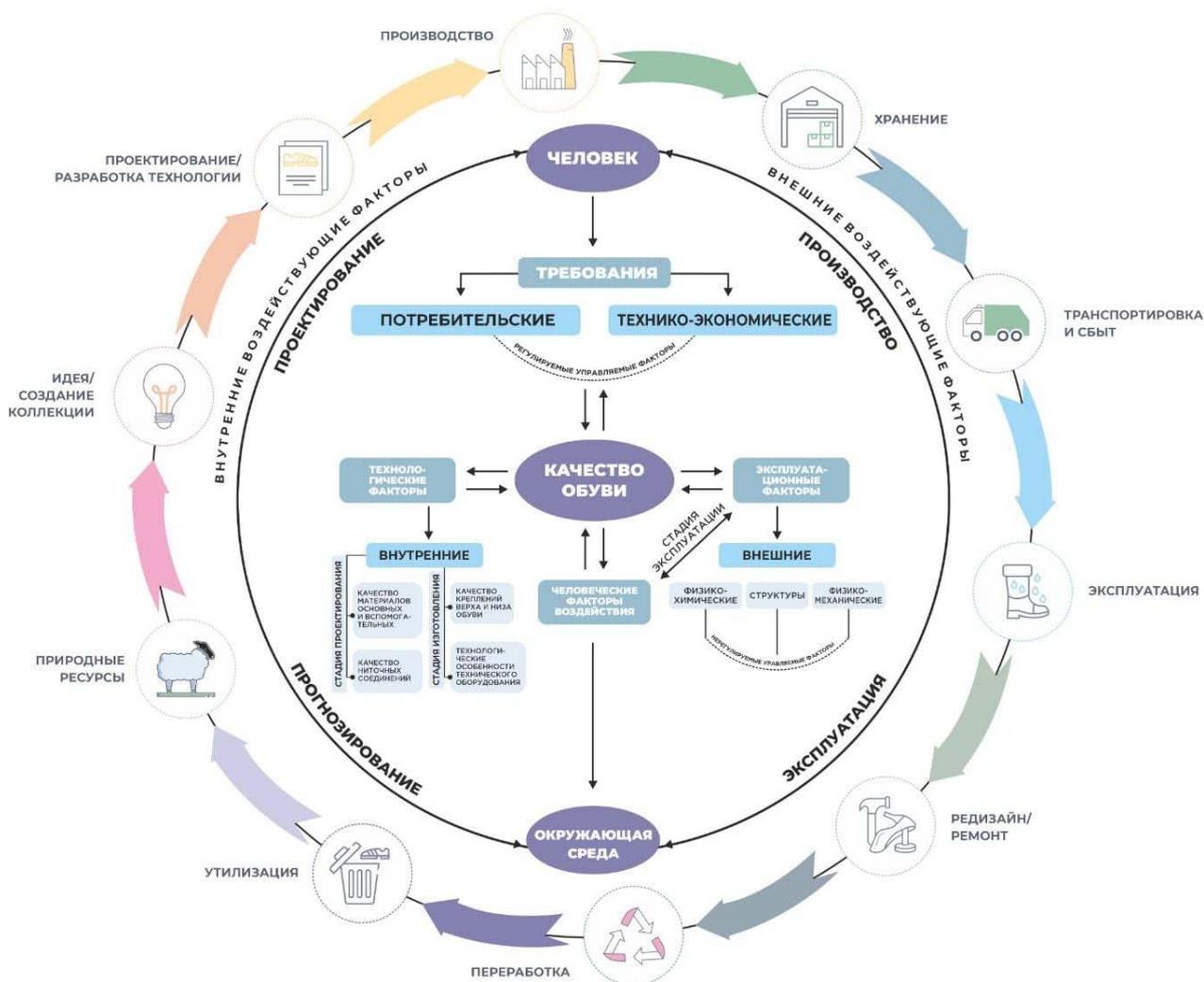


Рис. Схема взаимодействия в системе «человек – качество обуви – окружающая среда» в контексте экономики замкнутого цикла [1]

Основными элементами концепции являются этапы циркулярной экономики и внешние и внутренние факторы, воздействующие на качество обуви [1]. Для создания и воплощения идеи в коллекцию обуви из валяльно-войлочных материалов используют природные ресурсы в виде овечьей шерсти. В настоящее время Правительством РФ принята дорожная карта по переработке отечественной овечьей шерсти, способствующая активному развитию культуры овцеводства и, следовательно, импортозамещению основного компонента войлока из шерсти российских овец [18].

Проектирование и разработка технологии изготовления обуви из войлока, как натурального, так и синтетического, уменьшит негативное воздействие на окружающую среду, благодаря переработке и повторному использованию, а также утилизации. Благодаря тому что войлок обладает высокой пластичностью и эластичностью, он отлично держит форму и не деформируется под воздействием нагрузок, а также это позволяет придать любую форму деталям и создавать эргономическую обувь, учитывающую все анатомические особенности стоп [1].

Производство такой обуви, как и обуви кожаной, безусловно, учитывает все новейшие тенденции дизайна и моды. В современной технологии производства войлочной обуви есть все возможности использования инновационных приемов для активной кастомизации изделий. Конструкции и материалы подошвы не имеют ограничений для войлочной обуви. Качество сырья, к которому относят в том числе износостойкость, гибкость и воздухопроницаемость, не оставляет сомнений.

Экологичность и безопасность – одни из важнейших характеристик шерстяных войлоков. При производстве обуви из войлоков применимы такие современные технологии, как литье и 3D-печать [13]. Для обеспечения качества предусмотрен контроль на всех технологических переходах. Обувь из валяльно-войлочных материалов изготавливается в соответствии с ГОСТ, ISO, EN и другими нормами. Для улучшения потребительских свойств войлочной обуви исследователями предложены технологии климатической устойчивости, технические решения, повышающие способность обуви сохранять

форму при длительной носке, а также комплексные решения для повышения формоустойчивости с одновременным улучшением эстетики [13].

Войлочная обувь обладает износостойкостью и долговечностью. Отходы обуви из войлока можно еще использовать как вторсырье, применяя такие методы переработки, как: механическое измельчение, позволяющее использовать регенерированные шерстяные волокна в производстве новых обувных и материалов широкого назначения, химическая переработка и компостирование, – т. е. утилизировать, не нанося вред окружающей среде. Исследования [1, 15] позволили выявить предложенные нами факторы, влияющие на качество обуви, разделить их на внешние и внутренние. При этом мы считаем положительными факторами использование экоматериалов, современных технологий бережливого производства, установление строгого контроля качества на всех этапах. Основными тенденциями в обеспечении качества обуви, в том числе из войлока, являются соответствие международным стандартам ISO 9001, ISO 16187, EN ISO 20345 и др. Использование принципов устойчивого производства, включающих экологичность, энергосбережение, возможность вторичного использования или утилизации, и осознанного потребления, что подразумевает социальную ответственность потребителя, будут способствовать внедрению экономики замкнутого цикла. Цель данного внедрения – создание обуви и процесса ее производства экологически безопасными и экономически жизнеспособными. Применение плоскошовного ниточного соединения на обувных предприятиях будет способствовать повышению долговечности ниточных соединений, а также улучшению эксплуатационных свойств войлочной обуви.

Таким образом, качество обуви формируется на всех этапах – от идеи до переработки и утилизации. Ключевыми аспектами являются материалы, технологии, контроль и соответствие потребностям потребителя. Современные тренды производства качественной обуви смещаются в сторону экологичности, инноваций и индивидуального подхода, чему и соответствует обувь из войлоков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Леденева И. Н. Научно-практические основы проектирования технологии изготовления обуви с верхом из войлоков и войлокоподобных материалов : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2024. 519 с.
2. Метелева О. В. Теоретические аспекты герметизации мест от прокола иглой отверстий ниточных соединений водозащитной одежды // Текстильная химия. 2004. № 1(24). С. 55–57.

3. Калугина И. А., Леденева И. Н. Совершенствование классификации факторов, влияющих на качество ниточного соединения в заготовке верха обуви // *Дизайн и технологии*. 2012. № 31(73). С. 20–25.
4. Калугина И. А., Леденева И. Н. Влияние технологических параметров плоского шва на теплопроводность войлочной заготовки верха обуви // *Кожевенно-обувная промышленность*. 2013. № 2. С. 32–34.
5. Research of operational properties of threaded connections of clothing parts / В. Alimukhamedova, S. Tashpulatov, I. Cherunova, M. Shaumarova // *Technology of materials and products of textile and light industry*. 2021. No 11(92). P. 65–71.
6. Statistical analysis of standart allowed minute on sewing efficiency in apparel industry / M. A. Abtey, A. Kumari, A. Babu, Y. Hong // *Autex research journal*. 2019. Vol. 20, no 4. P. 359–367.
7. Dang Q., Pham K. Design of a footwear assembly line using simulation-based ALNS // 13th Global conference on sustainable manufacturing – Decoupling growth from resource use. 2022. No 40. P. 597–602.
8. Yuksel B., Cavdar E. Quality expectations in shoes: a qualitative research // *PressAcademia Procedia*, 8th Global Business Research Congress (GBRC). 2022. June 9. P. 138–139.
9. Кумпан Е. В. Технологические решения герметизации ниточных соединений водозащитной одежды // *Вестник Технологического университета*. 2021. № 8. С. 59–61.
10. Панкевич Д. К., Буланчиков И. А. Исследование износостойкости ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2021. № 2(41). С. 51–58.
11. Панкевич Д. К., Буланчиков И. А. Эксплуатационные свойства ниточных соединений мембранных материалов // *Технологии и качество*. 2021. № 2(52). С. 25–39.
12. Норбаева Р. Х., Эгамбердиев Ф. О., Ташпулатов С. Ш. Пути повышения прочностных свойств швейных ниток и ниточных соединений в текстильных материалах // *Universum: технические науки*. 2023. № 9 (114). URL: https://www.researchgate.net/publication/374264590_PUTI_POVYSENIA_PROCNOSTNYH_SVOJSTV_SVEJNYH_NITOK_I_NITOCNYH_SOEDINENIJ_V_TEKSTILNYH_MATERIALAH (дата обращения: 15.04.2025).
13. Борисова Т. М., Максина З. Г., Яковлева А. А. Исследование качества ниточных швов для сборки заготовок верха обуви из натуральной кожи при двухосном растяжении // *Материалы и технологии*. 2018. № 1(1). С. 73–77.
14. Связь деформаций текстильных материалов с их структурой и механическими свойствами / В. З. Крученецкий, А. А. Калабина, Р. О. Жилисбаева [и др.] // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 6(378). С. 59–63.
15. Плоскошовные ниточные соединения – решение проблемы прочностных свойств заготовки верха войлочной обуви / И. Н. Леденева, В. С. Белгородский, Е. В. Литвин, Л. Р. Сницар // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2022. № 6(402). С. 130–132.
16. Моделирование технологических параметров сборки заготовки верха обуви из войлока / И. Н. Леденева, В. В. Костылева, Н. В. Чугуй, И. А. Максимова, Е. В. Литвин // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2024. № 3(411). С. 185–191.
17. Иргашева А. Ш., Чагина Л. Л., Трынова А. В. Перспективы внедрения систем замкнутого цикла в индустрию моды // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 3(405). С. 5–14.
18. Постановление Правительства РФ от 25.09.1992 № 745 (ред. от 29.10.1992) «О мерах по государственной поддержке производства шерсти и шерстяных изделий» // СПС «КонсультантПлюс». URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.04.2025).

REFERENCES

1. Ledeneva I. N. Scientific and practical foundations for designing a technology for manufacturing shoes with uppers made of felt and felt-like materials. Doct. techn. sci. dis. Moscow, 2024. 519 p. (In Russ.)
2. Metelyova O. V. Theoretical aspects of sealing places from needle punctures of holes in thread joints of waterproof clothing. *Tekstil'naya himiya* [Textile chemistry]. 2004;1(24):55–57. (In Russ.)
3. Kalugina I. A., Ledeneva I. N. Improving the classification of factors affecting the quality of thread joints in shoe upper blanks. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2012;31(73):20–25. (In Russ.)
4. Kalugina I. A., Ledeneva I. N. Influence of technological parameters of a flat seam on the thermal conductivity of a felt shoe upper blank. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and Footwear Industry]. 2013;2:32–34. (In Russ.)

5. Alimukhamedova B., Tashpulatov S., Cherunova I., Shaumarova M. Research of operational properties of threaded connections of clothing parts. *Technology of materials and products of textile and light industry*. 2021;11(92):65–71.
6. Abteu M. A., Kumari A., Babu A., Hong Y. Statistical analysis of standart allowed minute on sewing efficiency in apparel industry. *Autex research journal*. 2019;20(4):359-367.
7. Dang Q., Pham K. Design of a footwear assembly line using simulation-based ALNS. 13th Global conference on sustainable manufacturing – Decoupling growth from resource use. 2022;40:597–602.
8. Yuksel B., Cavdar E. Quality expectations in shoes: a qualitative research. *PressAcademia Procedia*, 8th Global Business Research Congress (GBRC). 2022; 9:138–139.
9. Kumpan E. V. Technological solutions for sealing thread joints of waterproof clothing. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2021; 8:59-61. (In Russ.)
10. Pankevich D. K., Bulanchikov I. A. Study of wear resistance of thread joints of membrane materials on a knitted base. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Vitebsk State Technological University]. 2021;2(41):51–58. (In Russ.)
11. Pankevich D. K., Bulanchikov I. A. Operational properties of thread joints of membrane materials. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology and Quality]. 2021;2(52):25–39. (In Russ.)
12. Norbaeva R. Kh., Egamberdiev F. O., Tashpulatov S. Sh. Ways to improve the strength properties of sewing threads and thread joints in textile materials. *Universum*. 2023;9(114). URL: [https:// www.researchgate.net/publication/374264590_PUTI_POVYSENIA_PROCNOSTNYH_SVOJSTV_SVEJNYH_NITOK_I_NITOCNYH_SOEDINENIJ_V_TEKSTILNYH_MATERIALAH](https://www.researchgate.net/publication/374264590_PUTI_POVYSENIA_PROCNOSTNYH_SVOJSTV_SVEJNYH_NITOK_I_NITOCNYH_SOEDINENIJ_V_TEKSTILNYH_MATERIALAH) (accessed 15.04.2025). (In Russ.)
13. Borisova T. M., Maksina Z. G., Yakovleva A. A. Study of the quality of thread seams for assembling shoe upper blanks made of genuine leather under biaxial tension. *Materialy i tekhnologii* [Materials and Technologies]. 2018;1(1):73–77. (In Russ.)
14. Kruchenetsky V. Z., Kalabina A. A., Zhilisbaeva R. O., Smailova U. U., Nurzhasarova M. A., Rakhimova S. M. Relationship between deformations of textile materials and their structure and mechanical properties. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;6(378):59–63. (In Russ.)
15. Ledeneva I. N., Belgorodsky V. S., Litvin E. V., Snitsar L. R. Flat-seam thread joints – a solution to the problem of strength properties of the upper blank of felt shoes. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;6(402):130–132. (In Russ.)
16. Ledeneva I. N., Kostyleva V. V., Chuguy N. V., Maksimova I. A., Litvin E. V. Modeling of technological parameters for assembling a blank of the upper part of felt shoes. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;3(411):185–191. (In Russ.)
17. Irgasheva A. Sh., Chagina L. L., Trynova A. V. Prospects for the introduction of closed-loop systems in the fashion industry. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;3(405):5–14. (In Russ.)
18. Resolution of the Government of the Russian Federation of 25.09.1992 N 745 (as amended on 29.10.1992). On measures to support the production of wool and woollen products. URL: <https://www.consultant.ru> (accessed 15.04.2025). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 11.08.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

И. А. Калугина, аспирант

И. Н. Леденева, доктор технических наук, профессор

Р. С. Панов, старший преподаватель

М. О. Леденев, кандидат технических наук

Научная статья

УДК 687.016

EDN ZBPROX

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>

Алексей Владимирович Круглов¹

Евгений Сергеевич Телегин²

Павел Алексеевич Круглов³

Алексей Юрьевич Матрохин⁴

Наталья Александровна Грузинцева⁵

^{1,2,3,4,5}Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

¹ kruglov_av_igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9304-981X>

² telegin.es@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-7190>

³ Pavel.kruglov.00@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0718-6583>

⁴ matrokhin.ivgpu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2373-3904>

⁵ gna76@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ДРАПИРУЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Аннотация. В современной текстильной промышленности существует потребность в объективных методах оценки драпируемости тканей, критически важной для проектирования изделий с заданными свойствами. В статье рассматривается проблема ограниченности существующих методов, которые фокусируются преимущественно на статических измерениях. Целью работы является разработка автоматизированного подхода для комплексного анализа статических и динамических параметров драпируемости. Предложен авторский аппаратно-программный комплекс *Drapetester*, использующий компьютерное зрение для измерения коэффициента драпируемости, геометрии складок, амплитуды и прозрачности. Подробно описана архитектура комплекса и алгоритм обработки изображений. Экспериментально подтверждена работоспособность системы на тканях различной структуры. В качестве дальнейшего развития предлагается использование модели машинного обучения *CatBoost* для прогнозирования динамического поведения ткани, что позволит сократить время тестирования.

Ключевые слова: драпируемость ткани, коэффициент драпируемости, компьютерное зрение, аппаратно-программный комплекс, обработка изображений, динамические и статические параметры, текстильные полотна

Для цитирования: Автоматизированный подход к определению коэффициента драпируемости текстильных полотен / А. В. Круглов, Е. С. Телегин, П. А. Круглов, А. Ю. Матрохин, Н. А. Грузинцева // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 11–15. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>.

Original article

Alexey V. Kruglov¹

Evgeny S. Telegin²

Pavel A. Kruglov³

Aleksey Yu. Matrohin⁴

Natalia A. Gruzintseva⁵

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

AN AUTOMATED APPROACH TO DETERMINING THE COEFFICIENT OF DRAPERY OF TEXTILE FABRICS

Abstract. The modern textile industry requires objective methods for evaluating fabric drape, which is crucial for designing products with specific properties. This article addresses the limitation of existing methods, which primarily focus on static measurements. The study aims to develop an automated approach for the comprehensive analysis of both static and dynamic drape parameters. An original hardware-software complex, *Drapetester*, is proposed, utilising computer vision to measure the drape coefficient, fold geometry,

amplitude, and transparency. The system's architecture and image processing algorithm are detailed. The system's functionality is experimentally confirmed on fabrics of different structures. As a further development, the use of a CatBoost machine learning model to predict the dynamic behaviour of fabric is proposed, which might significantly reduce testing time.

Keywords: *drapability of fabric, drapability coefficient, computer vision, hardware and software complex, image processing, dynamic and static parameters, textile fabrics*

For citation: Kruglov A. V., Telegin E. S., Kruglov P. A., Matrohin A. Yu., Gruzintseva N. A. An automated approach to determining the coefficient of drapery of textile fabrics. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 11–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>.

Использование компьютерных технологий при определении различных показателей текстильных полотен является инновационным подходом при проектировании ткани с заданными свойствами и характеристиками.

Одним из таких свойств является драпируемость, которая определяет эстетические и функциональные свойства ткани, влияя на то, как материал ведет себя при создании готового изделия.

Следует отметить, что в настоящее время используется очень много методов по оценке драпируемости тканей различного состава и структуры [1]. Согласно стандарту [2] основным инструментом определения драпируемости является коэффициент драпируемости, который определяется двумя методами: а) бумажного кольца и б) с помощью технологии обработки изображений.

Целью настоящего исследования является определение коэффициента драпируемости с использованием компьютерного метода технологии обработки изображений. Первоначально был проведен анализ существующих зарубежных компьютерных методов, которые позволяют определять драпируемость тканых полотен с использованием технологии 3D-моделирования [3–5]. Существующие приборы, как правило, ограничены измерением статических параметров, в то время как поведение ткани в динамике (при ходьбе, движении) не менее важно. В данной статье представлен комплексный автоматизированный подход к решению этой проблемы путем разработки аппаратно-программного комплекса Drapetester, предназначенного для объективного и точного измерения как статических, так и динамических параметров драпируемости с использованием технологий компьютерного зрения и машинного обучения.

Необходимость объективной количественной оценки драпируемости тканей обусловлена требованиями современной текстильной и швейной промышленности к стандартизации и контролю качества [6]. Разработка автоматизированной системы, способной комплексно

анализировать широкий спектр параметров (статический и динамический коэффициенты драпировки, амплитуду, геометрию складок, прозрачность) и прогнозировать поведение ткани, является актуальной задачей [7]. Использование компьютерного зрения и машинного обучения позволяет не только устранить субъективность, но и выявить сложные, неочевидные зависимости между параметрами ткани и ее драпируемостью.

Для решения поставленной задачи на базе кафедры МТСМ Ивановского государственного политехнического университета разработан аппаратно-программный комплекс Drapetester, который состоит из трех взаимосвязанных модулей: аппаратного, программного для управления и расчетного (рис. 1).

Аппаратная часть представляет собой электромеханическое устройство, ядро которого составляет платформа управления на микроконтроллере. Устройство оснащено: приводным двигателем, который создает механическое воздействие на образец; системой подсветки и датчиком освещенности для измерения оптических свойств (прозрачности/светопропускания); датчиками температуры и влажности, которые контролируют условия испытаний, что критически важно для воспроизводимости результатов текстильных тестов, и интерфейсом UART-USB, обеспечивающим сбор данных и управление [8].

Программная часть позволяет осуществлять управление комплексом (задание параметров, запуск и остановка); получать данные с датчиков и камеры; визуализировать и архивировать полученные результаты исследования в виде графиков и таблиц [9].

Расчетный модуль полностью автоматизирован от обработки изображения до определения расчета параметров, проводит сегментацию, преобразование координат и поиск экстремумов. В процессе расчета коэффициента драпируемости определяются: коэффициент драпировки; амплитуда; отношение драпированного расстояния; коэффициент округлости

площади профиля драпировки; индекс глубины складки; количество узлов, их ширина, высота и длина; расстояние между узлами, а также коэффициент прозрачности [10].

На рисунке 2 представлены визуализированные результаты процесса определения коэффициента драпируемости образца текстильного полотна.

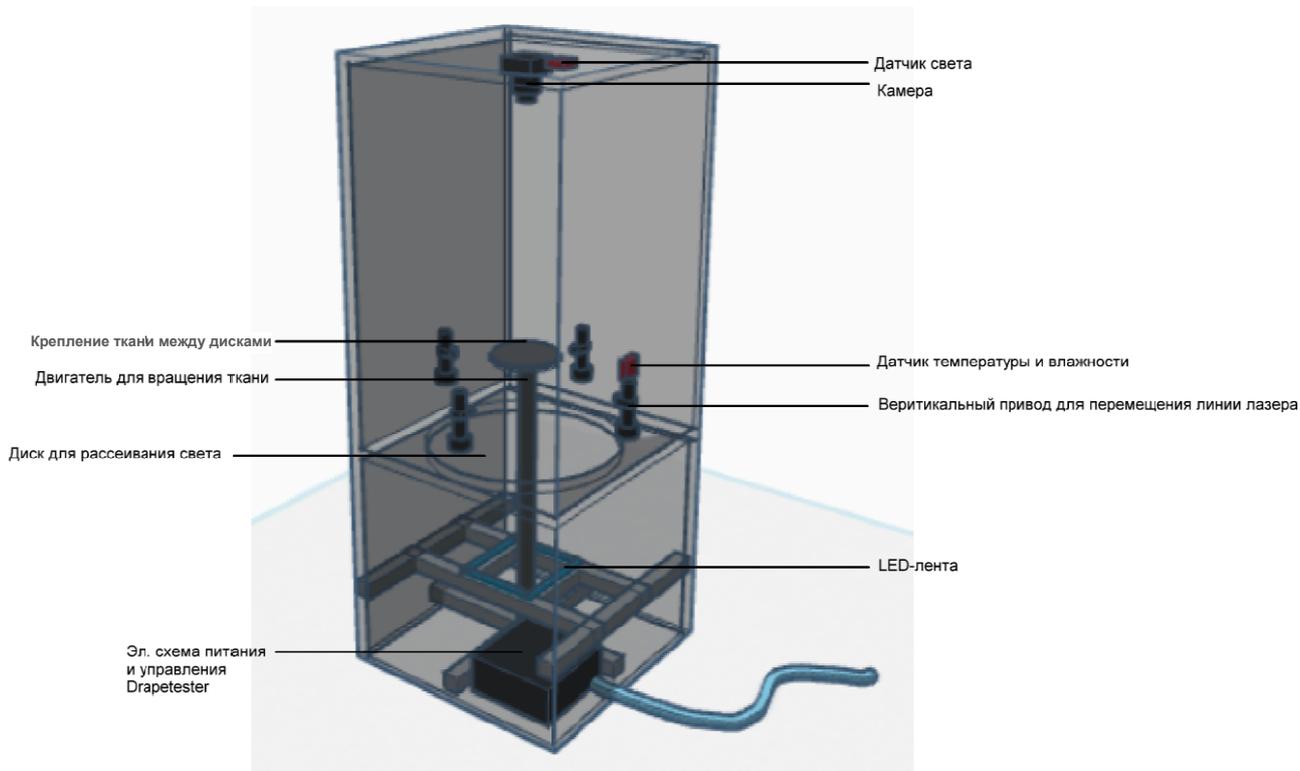


Рис. 1. 3D-модель аппаратно-программного комплекса Drapetester

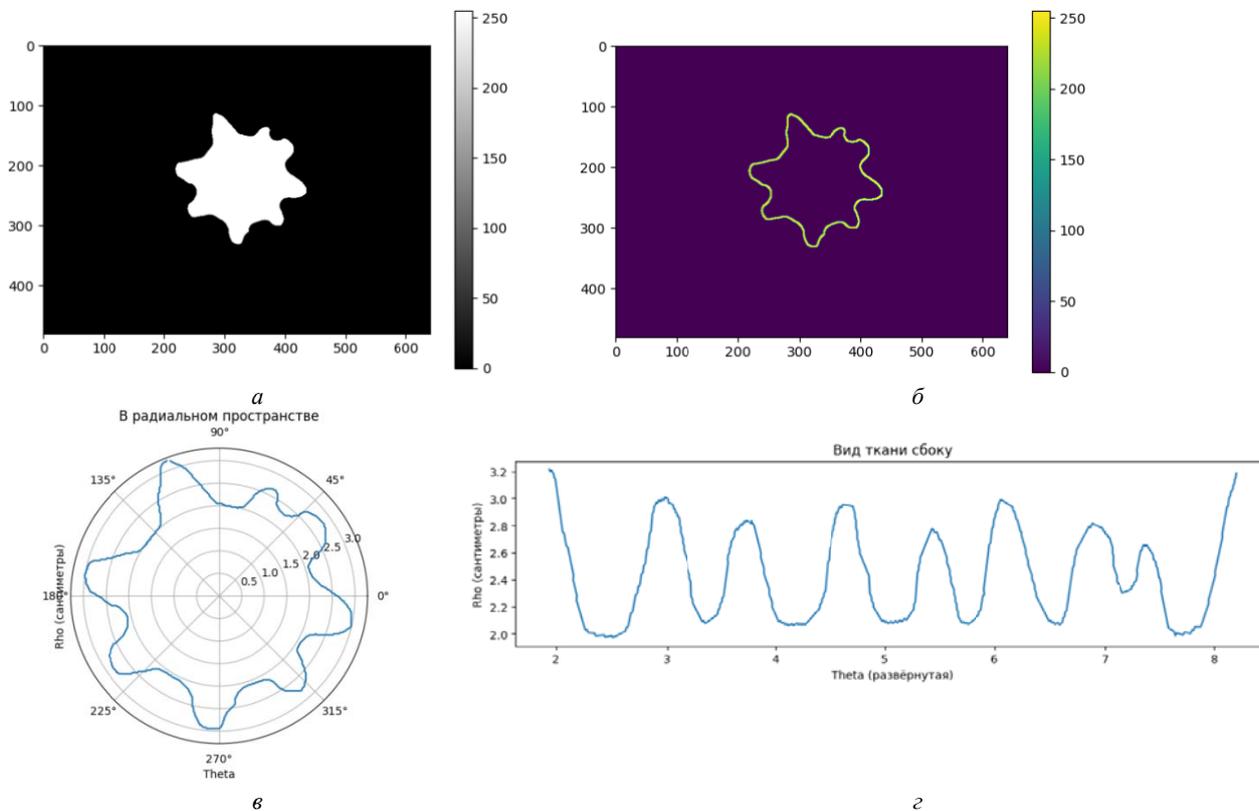


Рис. 2. Визуализация результатов процесса определения коэффициента драпируемости текстильного полотна: а – сегментация; б – обработка контура; в – радиальное представление; г – декартово представление

В ходе проведенных исследований подтверждено, что аппаратно-программный комплекс Drapetester успешно справляется с обработкой как плотных, так и полупрозрачных тканей. Основным результатом является определение драпируемости в статическом и динамическом режимах измерения, где свойства исследуемого полотна оцениваются в процессе вращения. Перспективным направлением, находящимся в стадии усовершенствования Drapetester, является использование машинного обучения (CatBoost) для прогнозирования динамического коэффициента драпировки на основе статических параметров, что может значительно сократить время тестирования образца.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный автоматизированный подход на основе компьютерного зрения определения коэффициента драпируемости позволяет полностью исключить субъективность оценки и получать высокоточные количественные данные по широкому спектру параметров (коэффициент драпировки; амплитуда; отношение драпированного расстояния; коэффициент округлости площади профиля драпировки и т. д.).

2. Использование модульной архитектуры и современных программных библиотек обеспечивает гибкость, масштабируемость и возможность дальнейшей модернизации системы Drapetester, в том числе за счет внедрения моделей машинного обучения и 3D-реконструкции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова О. В., Смирнова Н. А. Анализ методов определения драпируемости текстильных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 5. С. 3–5.
2. ГОСТ Р 57470–2017. Материалы текстильные. Методы испытаний нетканых материалов. Определение драпируемости, включая коэффициент драпируемости. М. : Стандартинформ, 2017. 12 с.
3. Разработка математической модели драпированной ткани с использованием данных, получаемых в процессе 3D-сканирования / Д. Б. Рыклин, С. Тан, А. Н. Гришаев, Д. В. Песковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2018. № 1. С. 70–78.
4. Fabric drape examination using ring-controlled equipment / B. Al-Gaadi, J. Gersak, F. Göktepe, M. Halász, P. Tamás, Ö. Göktepe // 4th International Technical Textiles Congress, 16–18 May 2010 İstanbul-Turkey. URL: https://www.researchgate.net/publication/270068309_Fabric_and_Garment_Drape_Measurement_-_Part_1 (дата обращения: 07.07.2025).
5. A Simple Method for Measuring Fabric Drape Using Digital ImageProcessing / A. Ragab, A. Fouada, H. El-Deeb, A. Hemdan // Journal of Textile Science & Engineering. 2017. No 5. URL: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/a-simple-method-for-measuring-fabric-drape-using-digital-imageprocessing-2165-8064-1000320.pdf> (дата обращения: 07.07.2025).
6. Замышляева В. В., Акиндинова Т. Л. Экспериментальные исследования характеристик изгиба для конформирования современных бортовых тканей // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 33–37.
7. Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен / Е. М. Копарёва, М. В. Зимица, С. Н. Титов, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 4–8.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614705; дата регистрации: 25.02.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Грузинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615423; дата регистрации: 04.03.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Грузинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615448; дата регистрации: 05.03.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Матрохин А. Ю., Грузинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.

REFERENCES

1. Ivanova O. V., Smirnova N. A. Analysis of drapability determination methods of textile fabrics. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2007;5:3–5. (In Russ.)

2. 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]. (In Russ.). Moscow, Standartinform Publ., 2017. 12 p. (In Russ.)
3. Ryklin D. B., Tang X., Grishaev A. N., Peskovsky D. V. Development of mathematical model of draped fabric with use of 3-D scanning data. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Vitebsk State Technological University]. 2018;1:70–78. (In Russ.)
4. Al-Gaadi B., Gersak J., Göktepe F., Halász M., Tamás P., Göktepe Ö. Fabric drape examination using ring-controlled equipment. 4th International Technical Textiles Congress, 16–18 May 2010 İstanbul-Turkey. URL: https://www.researchgate.net/publication/270068309_Fabric_and_Garment_Drape_Measurement_-_Part_1 (accessed 07.07.2025).
5. Ragab A., Fouda A., El-Deeb H., Hemdan A. A Simple Method for Measuring Fabric Drape Using Digital Image Processing. *Journal of Textile Science & Engineering*. 2017;5. URL: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/a-simple-method-for-measuring-fabric-drape-using-digital-imageprocessing-2165-8064-1000320.pdf> (accessed 07.07.2025).
6. Zamyshlyayeva V. V., Akindinova T. L. Experimental studies of bending characteristics for confiction of modern side fabrics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2021;2(52):33–37. (In Russ.)
7. Kopareva E. M., Zimina M. V., Titov S. N., Chagina L. L. Using the principles of automated optical image recognition to assess the structural stability of knitted fabrics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2021;1(51):4–8. (In Russ.)
8. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025614705. 2025 (In Russ.).
9. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025615423. 2025. (In Russ.).
10. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025615448. 2025. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 24.08.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. В. Круглов, кандидат технических наук, доцент
Е. С. Телегин, аспирант
П. А. Круглов, студент
А. Ю. Матрохин, доктор технических наук, профессор
Н. А. Грузинцева, доктор технических наук, доцент

Научная статья

УДК 677.017.222

EDN UMTQQJ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-16-22>

Евгений Львович Пашин¹

Александр Валерьевич Орлов²

¹ Костромская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кострома, Россия

² Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

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

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

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН ХЛОПКА ПО ДЛИНЕ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ИСПЫТАНИЯ ПО МЕТОДУ HVI

Аннотация. Для анализа на основе имитационного моделирования процесса определения характеристик длины волокон хлопка с использованием фибрографа по методу HVI необходим эффективный алгоритм генерирования реального распределения волокон по длине. Установлено, что для этого необходимо использовать закон нормального распределения с правосторонней асимметрией. Отмечена необходимость совершенствования известного алгоритма генерирования требуемого распределения волокон с использованием трудно интерпретируемых параметров распределения: положения ξ , масштаба ω и формы α . Направлением совершенствования является применение вместо указанных общепринятых статистических параметров: математического ожидания M , моды Mo и среднего квадратического отклонения σ длин волокон. Для этого предложен алгоритм расчета величины моды Mo , реализуемый с использованием метода дихотомии. Проведено сравнение указанных в опубликованных источниках эмпирических и синтезированных по вновь предложенному методу характеристик распределений длин волокон. Выявлено их хорошее сходство, что свидетельствует об эффективности созданного метода моделирования с использованием общепринятых статистических характеристик их совокупности: M , Mo и σ .

Ключевые слова: характеристики длины, хлопок, метод HVI, имитация испытания, моделирование, распределение длин, алгоритм генерирования, среднее, мода, стандартное отклонение

Для цитирования: Пашин Е. Л., Орлов А. В. Компьютерное моделирование распределения волокон хлопка по длине для имитации испытания по методу HVI // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 16–22. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-16-22>.

Original article

Evgeniy L. Pashin¹

Alexander V. Orlov²

¹ Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

² Kostroma State University, Kostroma, Russia

COMPUTER MODELLING OF COTTON FIBRE LENGTH DISTRIBUTION FOR SIMULATED HVI TESTING

Abstract. For simulation-based analysis of cotton fibre length measurement using a fibrograph under the HVI method, an efficient algorithm for generating realistic fibre length distributions is required. It has been established that a right-skewed normal distribution law provides an adequate basis for such modelling. The necessity of improving the known algorithm, which relies on difficult-to-interpret distribution parameters (location ξ , scale ω , and shape α), is emphasised. The proposed refinement consists in replacing these parameters with widely accepted statistical characteristics of fibre assemblies – the mathematical expectation M , the mode Mo , and the standard deviation σ of fibre length. An algorithm for computing the mode Mo is developed, implemented through a dichotomy method. A comparative analysis was performed between empirical distributions reported in published sources and synthetic distributions obtained via the newly proposed approach. A high degree of similarity was observed, confirming the effectiveness of the developed simulation method based on conventional statistical descriptors (M , Mo , σ).

© Пашин Е. Л., Орлов А. В., 2025

Keywords: *fibre length characteristics, cotton, HVI method, test simulation, modelling, length distribution, generation algorithm, mean, mode, standard deviation*

For citation: Pashin E. L., Orlov A. V. Computer modelling of cotton fibre length distribution for simulated HVI testing. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 16–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-16-22>.

Введение. При оценке качества хлопка и других короткоштапельных натуральных волокон (хлопок, шерсть, модифицированное по длине льноволокно и др.) важнейшим свойством является их длина и параметры ее распределения [1]. Для определения этих свойств наиболее распространенными на практике являются методы с использованием сканирования совокупности волокон с применением оптоэлектрических датчиков, например, применяемые в системе USTERHVI. Они основываются на предварительной подготовке пробы в виде бородки и последующем формировании и анализе фиброграммы [2].

Однако, по мнению специалистов, связанных с решением проблемы квалиметрии хлопка, применение таких методов не обеспечивает высокую точность результатов при определении средней длины волокон и их однородности [1, 3–7]. Поэтому формируются предложения о необходимости совершенствования метода HVI с учетом сохранения его преимущества – малой продолжительности анализа.

Для решения данной задачи целесообразно исследовать особенности формирования совокупности зажатых волокон в виде «бородки», что является основой для последующего анализа получаемой фиброграммы. Для исключения эффектов взаимовлияния параметров, связанных с характеристиками длины волокон, целесообразно использовать структурно-имитационное моделирование процесса формирования совокупности анализируемых волокон. Эффективность использования имитационного моделирования в задачах исследования волокон, их структуры и переработки указана в литературе [8].

В ходе моделирования необходимо сгенерировать массив исходных волокон, который послужит основой для имитации случайного отбора и синтеза совокупности зажатых волокон. Однако важным условием для этого является выбор закона распределения волокон по длине.

При анализе характера распределения по длине волокон, поступающих на текстильные предприятия по переработке хлопка, выявлено, что график плотности вероятности имеет колоколообразную форму с явно выраженной правосторонней асимметрией [9–12]. При этом следует отметить, что характер распределения воло-

кон по длине на данном этапе их производства отличается от распределения, имеющего место у хлопка-сырца перед его первичной обработкой [13]. Основным отличием является существенное уменьшение (на 5...8% от массы сырца) доли коротковолокнистой фракции (пуха и подпушка), вследствие первичной переработки хлопка. Это существенно влияет на общее распределение по длине волокон. Данное обстоятельство объясняет указанную в исследованиях [10–12] форму распределения хлопка-волокна.

Для обеспечения схожести эмпирического и синтезируемого распределения длины хлопка предлагались различные решения. К числу часто применяемых относят методы генерирования, основанные на использовании смеси двух двухпараметрических распределений Вейбулла [6], а также на основе нормального или логнормального законов распределения [14]. Однако авторами работы [14] констатировано, что использование нормального закона, при котором данные распределены симметричного относительно среднего значения, приводит к формированию погрешности в части оценки степени варьирования длины волокон.

В этой связи представляет интерес разработка алгоритма генерирования массива волокон с распределением, сходным с реальным распределением волокон по длине, а именно в виде колоколообразной кривой с выраженной правосторонней асимметрией.

Однако анализ результатов исследований по этой теме не выявил методов генерирования подобного распределения данных с использованием наиболее простых статистических характеристик, которые можно было бы определить экспериментально (математическое ожидание M , мода Mo и стандартное отклонение σ). Поэтому решение данной задачи представляет интерес для разработки эффективного способа моделирования требуемого распределения волокон хлопка по длине.

Целью исследования является разработка программного моделирующего комплекса и алгоритма синтеза структуры исходных волокон для последующего испытания и анализа фиброграммы по методу HVI.

Методы исследования основаны на интегрированном использовании математического

и компьютерного моделирования, а также статистических алгоритмов обработки данных. При построении моделей структуры волокон применили методы компьютерного имитационного моделирования, теории вероятностных процессов и математической статистики. При реализации алгоритмов расчета и моделей использовали язык программирования Python [15], библиотеку расчетов NumPy [16], а для графического представления числовых данных – библиотеку Matplotlib [17]. В качестве основы для генерации данных по асимметрично-нормальному закону распределения использовали документацию библиотеки SciPy [18], а также зарубежные исследования [19].

Результаты исследований. За основу моделирования приняли положение о случайном распределении длины волокон l в их исходной массе. В этой связи для описания асимметрично-нормального распределения l воспользуемся [20]. Такое распределение обладает некоторыми свойствами нормального, но в то же время ему присуща выраженная асимметрия, что соответствует условиям нашей задачи.

Применение известных алгоритмов моделирования объектов, соответствующих такому распределению, осложняется интерпретацией его параметров [21, р. 32]. Для его характеристики предложено использовать три параметра: положения распределения – ξ ; масштаба распределения – ω ; формы распределения – α . Однако при использовании этих параметров сложно определить их физический смысл в части схожести с общепринятыми параметрами нормального распределения (M , M_0 и σ). Из-за этого выбор параметров ξ , ω , α при моделировании приходится выполнять методом проб и ошибок, пока не будет получено распределение, сходное по свойствам с желаемым. Поэтому существует потребность в определении таких параметров асимметрично-нормального распределения, которые можно определить экспериментально, а именно M , M_0 и σ .

Необходимость в использовании сочетания M и M_0 определяется возможностью оценки асимметрии данных. Для расчета M и σ предложено использовать известные выражения [22]:

$$M = \xi + \omega \delta \sqrt{\frac{2}{\pi}}, \quad (1)$$

$$\sigma = \omega \sqrt{1 - 2 \frac{\delta^2}{\pi}}, \quad (2)$$

$$\text{где } \delta = \frac{\alpha}{\sqrt{1 + \alpha^2}}.$$

Однако для точного аналитического выражения для моды M_0 решений для исследуемого распределения не выявлено. Поэтому воспользуемся его численным приближением [22]:

$$M_0 = \xi + \omega m_0(\alpha) \approx \xi + \omega \left[\delta \sqrt{\frac{2}{\pi}} - \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \frac{\left(\delta \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)^3}{1 - \frac{2\delta^2}{\pi}} - \frac{1}{2} \text{sign}(\alpha) \cdot e^{-\frac{2\pi}{|\alpha|}} \right], \quad (3)$$

где $\text{sign}(\alpha) = \frac{\alpha}{|\alpha|}$ – знак параметра α .

Попытка реализовать выражение (3) в виде программы для ЭВМ вызвала сложности при определении моды M_0 для случая, когда асимметрия распределения близка к нулю. Применительно к этому случаю приняли допущение. Будем пренебрегать наличием асимметрии и моделировать распределение, как соответствующее закону нормального распределения. Тогда формулы (1), (2) и (3) можно рассматривать как систему из трех уравнений с тремя неизвестными. При решении этой системы уравнений, можно сократить параметры положения ξ и масштаба ω , тем самым получив выражение, зависящее только от параметра формы α :

$$\frac{M - M_0}{\sigma} = \frac{\xi + \omega \delta \sqrt{\frac{2}{\pi}} - (\xi + \omega m_0(\alpha))}{\omega \sqrt{1 - \frac{2\delta^2}{\pi}}}. \quad (4)$$

Подставив в (4) значение $m_0(\alpha)$ из (3) и значение σ из (2), получаем нелинейное уравнение с одной переменной следующего вида:

$$f(\alpha) = \frac{\delta \sqrt{\frac{2}{\pi}} - m_0(\alpha)}{\sqrt{1 - \frac{2\delta^2}{\pi}}} - \frac{M - M_0}{\sigma} = 0. \quad (5)$$

Для определения варианта его решения рассмотрим особенности изменения $f(\alpha)$ для различных значений α . Например, получим графическую зависимость $f(\alpha)$ для $M = 24$, $M_0 = 26$, $\sigma = 5$ (рис. 1, а), а также зависимость $f(\alpha)$, но для $M = 26$, $M_0 = 24$, $\sigma = 5$ (рис. 1, б).

Сравнительный анализ графиков выявляет определенные особенности. Во-первых, функция $f(\alpha)$ является неубывающей, что позволяет использовать для решения уравнения (5) методы, основанные на дихотомии. Во-вторых, ре-

шение уравнения (5) может находиться как в области $\alpha > 0$, так и в области $\alpha < 0$. Это соответствует известным свойствам асимметрично-нормального распределения, согласно которым знак параметра формы α определяет направленность асимметрии (левая или правая). Важной оказалась особенность графиков, связанная с наличием седловидного участка в районе $\alpha \approx 0$. Это осложняет применение метода дихотомии

[17] для решения уравнения (5). Дело в том, что алгоритмы расчетов с применением метода дихотомии опираются на значение производной функции для выбора следующей точки-кандидата для решения. Для таких условий рекомендуется не выбирать $\alpha_0 = 0$ в качестве начального приближения α , а использовать $\alpha_0 = \text{sign}(M - M_0)$ для обеспечения поиска решения на корректной стороне наклонного участка кривой $f(\alpha)$.

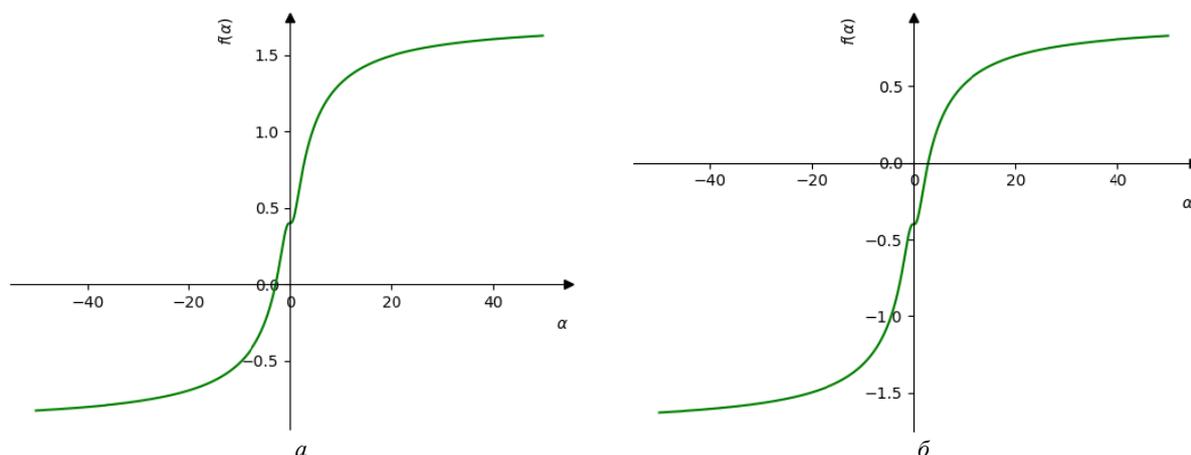


Рис. 1. Форма зависимости $f(\alpha)$ для левой асимметрии (а) и для правой асимметрии (б)

Наконец, сравнительный анализ графических зависимостей выявил факт асимптотического отклонения $f(\alpha)$ от нуля по мере смещения от нулевого значения α . Вследствие такой особенности, при некоторых сочетаниях M , M_0 и σ решения (5) может не существовать, а в предельных случаях значение первой производной $f'(\alpha_0)$ будет настолько близко к нулю, что найти решение численно будет затруднительно. Однако, если α остается приблизительно в пределах от -50 до 50 , то оказывается возможным найти его значение численным методом.

С учетом выявленных особенностей поведения $f(\alpha)$ и пояснений к ним предложено использовать выражения (1) и (2), чтобы с применением алгоритма моделирования [18] найти значения ω , а затем ξ , соответствующие найденному значению α .

Для оценки эффективности предложенного способа моделирования распределения волокон хлопка, подчиняющихся закону асимметрично-нормального распределения, провели сравнение эмпирических и сгенерированных распределений волокон. В частности, в качестве одного из примеров эмпирического распределения использовали информацию, указанную в диссертационном исследовании [10, табл. 4.2.4 и рис. 4.2.7, а]. В данной работе в результате ручного промера волокон хлопка установлены следующие характеристики их длины: средняя длина 25,3 мм,

модальная длина 28,9 мм, среднее квадратическое отклонение 4,6 мм. В итоге эмпирическое распределение волокон по группам длин представлено темной линией на рисунке 2, а. На рисунке 2, б представлено распределение, сгенерированное по предложенному новому алгоритму.

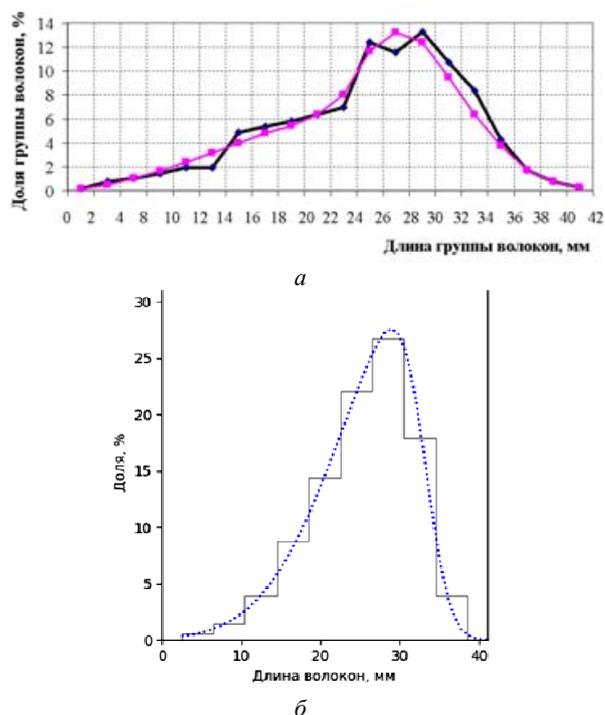


Рис. 2. Графики эмпирического [9] (а) и модельного (б) распределений длины волокон хлопка

Параметры сгенерированного распределения оказались следующие: математическое ожидание 25,3 мм, мода 28,9 мм и среднее квадратическое отклонение 5,01 мм, при коэффициентах асимметрии и эксцесса, соответственно, $(-0,743)$ и $(0,541)$. Дополнительно осуществили оценку сходства распределений волокон хлопка, сгенерированного по предложенному алгоритму и установленного в работе [9, рис. 1]. Так, по указанным фактическим данным были определены следующие показатели: средняя длина 22,0 мм, модальная длина 24,4 мм, среднее квадратическое отклонение 5,0 мм. По результатам генерирования указанные параметры оказались равны 22,2 мм, 24,6 мм, 5,1 мм при коэффициентах асимметрии и эксцесса, соответственно, $(-0,660)$ и $(0,387)$.

Из сравнения расчетных характеристик и эмпирических распределений длин волокон в представленных примерах следует их хорошее совпадение. Это свидетельствует об эффективности созданного метода моделирования распределения длины массива волокон по нормальному закону с выраженной правосторонней асимметрией и с использованием общепринятых статистических характеристик: математического ожидания, моды и среднего квадратического отклонения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Hearle J. W. S., Morton W. E. Physical Properties of Textile Fibres. N.-Y. : Elsevier, 2008. 796 p.
- Kiron M. I. USTER HVI 1000: Principle of fiber testing // Textile Learner. 2021. № 6. URL: <https://textilelearner.net/uster-hvi-1000-principles-of-fiber-testing> (дата обращения: 22.07.2024).
- Kiron M. I. Cotton Fibre Length Measuring Instruments: Merits and Limitations // Textile Learner. 2015. URL: <https://textilelearner.net/cotton-fibre-length-measuring-instruments> (дата обращения: 22.07.2024).
- Turner C., Sayeed Md Abu, Hequet E. Reconstruction of the cotton fiber length distribution from a High Volume Instrument® fibrogram // Textile Research Journal. 2023. Vol. 93, is. 7-8. P. 1651–1669.
- Zhou J., Wang J., Xu B. Extracting fiber length distributions from dual-beard fibrographs with the Levenberg – Marquardt algorithm // Textile Research Journal. 2019. Vol. 90(1). P. 37–48.
- Obtaining Cotton Fiber Length Distributions from the Beard Test Method. Part 1. Theoretical Distributions Related to the Beard Method / X. Cui, J. Rodgers, Y. Cai, L. Li, R. Belmasrour, S.-S. Pang // Journal of Cotton Science. 2009. No 13. P. 265–273.
- Barger J. D. Mass determination of the cotton length fibrogram // Reprinted from the Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. San Diego, 1998. Vol. 2. P. 1514–1516.
- Севостьянов П. А., Забродин Д. А., Дасюк П. Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. М. : Тисо Принт, 2014. 264 с.
- Афончиков Ф. А. Оценка равномерности хлопкового волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1957. № 1. С. 28–32.
- Матрохин А. Ю. Автоматизированное проектирование и обеспечение качества продукции прядильного производства с использованием средств оперативного мониторинга : дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2011. 464 с.
- Prier H. W., Sasser P. E. The mathematical basis of fiber-length analysis from fibrogram data // Textile Research Journal. 1971. Vol. 42. P. 410–419.
- Krowicki R. S., Thibodaux D. P., Duckett K. E. Generating fiber length distribution from the fibrogram // Textile Research Journal. 1996. Vol. 66. P. 306–310.

ВЫВОДЫ

1. При генерировании распределения по длине волокна хлопка необходимо использовать закон нормального распределения с правосторонней асимметрией на основе знания математического ожидания M , моды Mo и среднего квадратического отклонения σ длин волокон.

2. Для использования известного алгоритма генерирования требуемого распределения волокон с использованием трудно интерпретируемых параметров распределения положения ξ , масштаба ω и формы α предложено использовать известные зависимости [22] $M = f(\xi, \omega, \alpha)$ и $\sigma = f(\omega, \alpha)$.

3. Значение величины моды Mo предложено осуществлять на основе разработанного метода расчета с использованием нелинейного уравнения (5), для решения которого применен метод дихотомии. При этом, если параметр α находится в пределах от -50 до 50 , то его определение возможно произвести численным методом.

4. Сравнение принятых из опубликованных источников эмпирических [9, 10] и синтезированных по вновь предложенному методу характеристик распределений длин волокон выявило их хорошее сходство, что свидетельствует об эффективности созданного метода моделирования с использованием общепринятых статистических характеристик их совокупности: M , Mo и σ .

13. Котов Д. А., Джабаров Г. Д., Балтабаев С. Д. Первичная обработка хлопка : учебник для вузов / под ред. А. Н. Соловьева. М. : Легкая индустрия, 1978. 430 с.
14. Коробов Н. А., Матрохин А. Ю., Гусев Б. Н. Выявление зависимости между характеристиками протяженности волокон прямого и косвенного методов измерений // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. № 5(293). С. 29–32.
15. Язык программирования Python : офиц. сайт. URL: <https://www.python.org> (дата обращения: 24.07.2024).
16. NumPy : офиц. сайт. URL: <https://numpy.org> (дата обращения: 24.07.2024).
17. Matplotlib – Visualization with Python : офиц. сайт. URL: <https://matplotlib.org> (дата обращения: 24.07.2024).
18. Документация библиотеки SciPy: модуль `scipy.stats.skewnorm`. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.skewnorm.html> (дата обращения: 24.07.2024).
19. Azzalini A., Capitanio A. Statistical applications of the multivariate skew-normal distribution // Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology). 1999. Vol. 61, no 1. P. 579–602.
20. O’Hagan A., Leonard T. Bayes estimation subject to uncertainty about parameter constraints // Biometrika. 1976. Vol. 63(1). P. 201–203.
21. Azzalini A., Capitanio A. The skew-normal and related families. Cambridge, 2014. 262 p.
22. Azzalini A. A class of distributions which includes the normal ones // Scandinavian Journal of Statistics. 1985. No 12. P. 171–178.

REFERENCES

1. Hearle J. W. S., Morton W. E. Physical Properties of Textile Fibres. New York, Elsevier, 2008. 796 p.
2. Kiron M. I. USTER HVI 1000: Principle of fiber testing. Textile Learner. 2021;6. URL: <https://textilelearner.net/uster-hvi-1000-principles-of-fiber-testing/> (https://textilelearner.net/uster-hvi-1000-principles-of-fiber-testing (accessed 22.07.2024)).
3. Kiron M. I. Cotton fibre length measuring instruments: Merits and limitations. Textile Learner. 2015. URL: <https://textilelearner.net/cotton-fibre-length-measuring-instruments> (accessed: 22.07.2024).
4. Turner C., Sayeed Md. A., Hequet E. Reconstruction of the cotton fiber length distribution from a High Volume Instrument® fibrogram. Textile Research Journal. 2023;93(7-8):1651–1669.
5. Zhou J., Wang, J., Xu, B. Extracting fiber length distributions from dual-beard fibrographs with the Levenberg–Marquardt algorithm. Textile Research Journal. 2019;90(1):37–48.
6. Cui X., 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. Journal of Cotton Science. 2009;13:265–273.
7. Barger J. D. Mass determination of the cotton length fibrogram. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. San Diego, 1998. Vol. 2. P. 1514–1516.
8. Sevost’yanov P. A., Zabrodin D. A., Dasyuk P. E. Computer modeling in research of textile materials and production. Moscow : Tiso Print Publ., 2014. 264 p.
9. Afonchikov F. A. Assessment of cotton fiber uniformity. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil’noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 1957;1:28–32. (In Russ.)
10. Matrokhin A. Yu. Automated design and quality assurance in spinning production using real-time monitoring. Doct. techn. sci. dis. Ivanovo, 2011. 464 p.
11. Prier H. W., Sasser P. E. The mathematical basis of fiber-length analysis from fibrogram data. Textile Research Journal. 1971;42:410–419.
12. Krowicki R. S., Thibodaux D. P., Duckett, K. E. Generating fiber length distribution from the fibrogram. Textile Research Journal. 1996;66:306–310.
13. Kotov D. A., Dzhabarov G. D., Baltabaev S. D. Primary processing of cotton. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1978. 430 p.
14. Korobov N. A., Matrokhin A. Yu., Gusev B. N. Revealing of dependence between characteristics of fibres’ length under direct and indirect methods of measurement. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil’noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2006;5(293):29–32.
15. Python Software Foundation. Python programming language. Official website. URL: <https://www.python.org> (accessed 24.07.2024).
16. NumPy. Official website. URL: <https://numpy.org> (accessed 24.07.2024).

17. Matplotlib – Visualization with Python. Official website. URL: <https://matplotlib.org> (accessed 24.07.2024).
18. Documentation for SciPy: module `scipy.stats.skewnorm`. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.skewnorm.html> (accessed 24.07.2024).
19. Azzalini A., Capitanio A. Statistical applications of the multivariate skew-normal distribution. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*. 1999;61(1):579–602.
20. O’Hagan A., Leonard T. Bayes estimation subject to uncertainty about parameter constraints. *Biometrika*. 1976;63(1):201–203.
21. Azzalini A., Capitanio A. (The skew-normal and related families). Cambridge, 2014. 262 p.
22. Azzalini A. A class of distributions which includes the normal ones. *Scandinavian Journal of Statistics*. 1985;1:171–178.

Статья поступила в редакцию 11.09.2025

Принята к публикации 17.11.2025

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Е. Л. Пашин, доктор технических наук, профессор

А. В. Орлов, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 677.022 : 519.876.5

EDN UVKVYI

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-23-29>

Петр Алексеевич Севостьянов¹

Татьяна Алексеевна Самойлова²

Наталья Викторовна Минаева³

^{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 minaeva-nv@rguk.ru; <https://orcid.org/0009-0008-4765-0461>

ВЛИЯНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАЗБРОСА ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОН НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ПРЯЖИ

Аннотация. Выполнен анализ динамики удлинения пряжи из натуральных слабо извитых волокон (хлопок, лен) и близких к ним по свойствам химических волокон с применением метода статистической имитации. Исследовано влияние неравномерности волокон по разрывному удлинению и нагрузке, длине, тонине, кручению, расположению в поперечных сечениях и по длине пряжи на неравномерность и динамику удлинения и разрыва пряжи. Показаны преимущества метода статистической имитации динамики перед экспериментами с реальными образцами пряжи.

Ключевые слова: пряжа, волокна, удлинение, разрыв, статистическая динамика, статистический разброс, аппроксимация, нелинейная регрессия

Для цитирования: Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Минаева Н. В. Влияние статистического разброса характеристик волокон на динамическую прочность пряжи // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 23–29. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-23-29>.

Original article

Petr A. Sevostyanov¹

Tatiana A. Samoilova²

Natalia V. Minaeva³

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

INFLUENCE OF STATISTICAL VARIATIONS OF FIBRE CHARACTERISTICS ON DYNAMIC STRENGTH OF YARN

Absrtact. The analysis of the dynamics of yarn elongation from natural slightly crimped fibres (cotton, flax) and chemical fibres with properties close to them was performed using the statistical simulation method. The influence of unevenness of fibre's breaking elongation and load, length, fineness, twisting, location in cross sections and along the yarn on the unevenness of the dynamics of yarn elongation and breakage was studied. The advantages of the statistical simulation of dynamics method over experiments with real yarn samples were shown.

Keywords: yarn, fibres, elongation, rupture, statistical dynamics, statistical variances of characteristics, approximation, nonlinear regression

For citation: Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Minaeva N. V. Influence of statistical variations of fibre characteristics on dynamic strength of yarn. Technologies & Quality. 2025. No 4(70). P. 23–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-23-29>.

Современные разрывные приборы оснащены автоматикой регистрации не только итогов испытания [1] – разрывной нагрузки P_b , раз-

рывного удлинения S_b и продолжительности испытания T_b , но и значений нагрузки P и удлинения S для каждого момента времени испытания t . Результатом такого испытания являются таблица числовых значений и графики зависимостей $P(t)$, $S(t)$ и $P(S)$.

© Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Минаева Н. В., 2025

При испытании нити, произведенной из элементарных нитей с одинаковыми механическими характеристиками, получаемые зависимости практически точно, с точностью до масштабных множителей, повторяют аналогичные зависимости для этих нитей.

При испытании пряжи, произведенной из химических волокон с одинаковыми длиной, тониной и механическими характеристиками, различия в получаемых кривых при испытании нескольких образцов наблюдаются только на завершающей стадии, когда волокна образца уже не столько удлиняются, сколько скользят или разрываются под действием удлинения. Причина различия при одинаковых свойствах и отображающих эти свойства характеристиках – статистический разброс в строении и структуре поперечных сечений образцов.

При испытании пряжи из волокон с заметным разбросом геометрических и механических характеристик (а таковыми являются все натуральные и многие химические волокна) зависимость $P(S)$ заметно отличается от аналогичной зависимости для одиночных волокон. При этом прочность пряжи меньше суммарной прочности волокон в сечениях и определяется не только и не столько прочностью самих волокон, сколько их взаимодействием, которое усиливается благодаря кручению волокон вокруг оси пряжи. Кручение обеспечивает большую площадь прилегания волокон друг к другу и большую силу прижима в областях прилегания. Соответственно, возрастает и сопротивление относительно смещению волокон. На этапе разрыва пряжи происходит, главным образом, растаскивание волокон, скольжение их друг по другу. Разрываются лишь наиболее слабые волокна.

На основе приведенных представлений Е. Брашлер [2], П. П. Трыков [3], А. Н. Соловьев [4], В. И. Будников с соавт. [5] разработали теорию взаимодействия волокон в теле пряжи. Компактно основные соотношения, вытекающие из этой теории, изложены А. Г. Севостьяновым [6]. Дальнейшее развитие этот подход получил в диссертации Ю. К. Бархоткина [7]. Предложенная этими авторами модель рассматривала задачу в статике и не учитывала статистический разброс характеристик волокон, строения и структуры пряжи.

Используя метод компьютерной статистической имитации, П. А. Севостьянов [8–10] предложил компьютерную модель статистической имитации, описывающую динамику развития деформации в образце пряжи с увеличением ее удлинения. Открылась возможность отследить детали развития деформации, распределе-

ния напряжений при удлинении и разрыве образца во времени с учетом статистического разброса характеристик структуры и строения пряжи и образующих ее волокон во времени. В модели учитывались не только динамика изменения сопротивления пряжи нагрузке, но и статистический разброс характеристик волокон и структуры пряжи и их изменения в процессе деформации образца. Модель была использована в ряде исследований [9–13].

Перечислим учтенные в модели характеристики волокон и структуры пряжи. Это распределения волокон по длине l , тонине s , разрывной нагрузке P_b , относительному разрывному удлинению ε_b , функциональной зависимости напряжения от деформации, масштабируемой для каждого волокна под его P_b и ε_b , коэффициенты трения и сцепления между волокнами. Структура пряжи описывается распределениями расстояний центров сечений волокон от центральной оси пряжи, коэффициента крутки и распределениями величины фактической крутки каждого из волокон в сечении пряжи по винтовым линиям, распределениями интервалов между передними концами волокон вдоль длины образца. Для каждого из перечисленных распределений задаются в качестве параметров среднее, коэффициент вариации, минимальное и максимальное возможное значение. Модель допускает возможность имитации удлинения пряжи из смеси разнородных волокон и комбинированной пряжи.

Детально алгоритм работы модели – имитатора удлинения и разрыва пряжи и его программная реализация описаны в литературе [9, 10]. Ниже приведена обобщенная структура алгоритма:

1. Задание «базовых» параметров моделируемого образца: тонина пряжи, текст; крутка, кручений на метр; средняя длина и тонина волокон. Выбор типов распределений для перечисленных выше характеристик.

2. Расчет дополнительных параметров пряжи, например, среднего диаметра и среднего числа волокон в сечении; параметров используемых распределений длины, тонины, разрывного удлинения волокон и проч.

3. Генерация числовых значений характеристик волокон и структуры по выбранным распределениям. Вычисление начальной прочности пряжи с учетом сил нормального давления между волокнами вследствие начальной крутки пряжи, сил сцепления и трения между волокнами.

4. Создание «контейнеров» в памяти ЭВМ для накопления начальных, текущих и конечных значений по результатам одного «прогона» имитационной модели.

5. Начало прогона. Нарастивание на Δ абсолютного удлинения образца.

6. Расчет изменений характеристик каждого из волокон и характеристик структуры как следствий удлинения. Определение «судьбы» для каждого волокна: а) удлинение волокна – при сильном взаимодействии волокна с соседними волокнами, когда силы сцепления и трения превосходят силы деформации; б) разрыв волокна – если его разрывная нагрузка меньше действующих на него сил; в) скольжение волокна относительно соседних волокон – если силы, действующие на волокно, превосходят максимальную силу трения и сцепления, но меньше разрывной нагрузки этого волокна.

7. Пересчет «текущих» значений характеристик волокон: удлинения, смещения, напряжения от удлинения, радиуса и угла кручения, – для текущего удлинения образца. Уменьшение числа волокон в сечениях из-за разрыва и скольжения волокон. Сохранение характеристик текущего состояния волокон в контейнерах.

8. Повторение цикла: пп. 5–7, пока в одном из сечений остается хотя бы одно волокно, т. е. пока не наступает полный разрыв образца.

9. По накопленным в контейнерах данным обработка результатов каждого прогона модели.

10. Повторение прогонов (пп. 3–9) для накопления результатов и интегральная обработка результатов нескольких прогонов для получения статистически устойчивых выводов для моделируемого варианта пряжи.

В модели один прогон имитирует испытание в реальном опыте одного образца пряжи. Повторные прогоны имитируют повторные опыты для одной и той же пряжи.

На рисунке 1, а показаны диаграммы динамики изменения силы сопротивления удлинению образца P и составляющие этой силы, связанные с растягивающимися волокнами P_e , скользящими волокнами P_s , волокнами, выходящими из области разрыва и разрывающимися волокнами P_b . На рисунке 1, б показаны диаграммы, отображающие динамику изменения общего числа волокон K_o в этой области и количества растягивающихся K_e , скользящих K_s , оборвавшихся волокон K_b и волокон, вышедших из рассматриваемой области и не участвующих в сопротивлении этого участка пряжи удлинению, K_u .

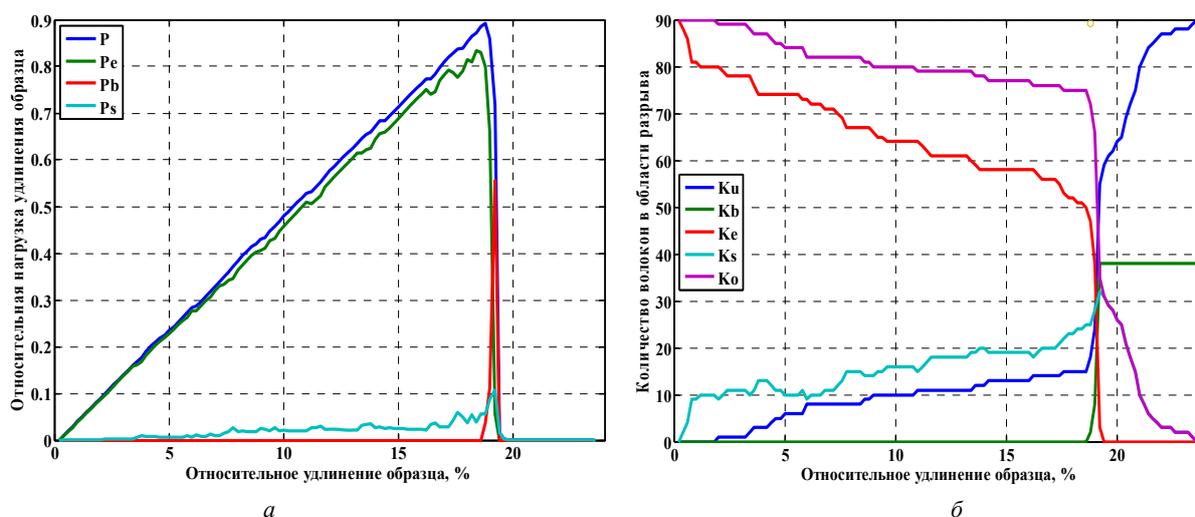


Рис. 1. Динамика сопротивления пряжи удлинению

Перечисленные характеристики показаны как функции нарастающего с постоянной скоростью относительного удлинения ϵ , % моделируемого образца пряжи.

Приведенные кривые получены как результат одного прогона модели. Заданные значения параметров модели соответствовали пряже 15,4 текс с коэффициентом крутки $\alpha = 34$, произведенной из вискозных волокон с параметрами, близкими к средневолокнистому хлопку, при условии, что коэффициенты вариации всех характеристик волокон близки к нулю (вариант M1 модели).

Наблюдаемые на графиках случайные вариации составляющих силы сопротивления и числа волокон перечисленных выше категорий в процессе удлинения образца вызваны случайными вариациями положения отдельных волокон вдоль оси и в поперечных сечениях образца. Заметим, что из всех приведенных кривых в реальном эксперименте возможно получение только кривой $P(\epsilon)$ на рисунке 1, а. Очевидно, что компьютерная имитация дает несравнимо больше информации о динамике удлинения и разрыва образца, чем реальный опыт.

Повторные прогоны модели при неизменных параметрах дают по указанным выше причинам статистический разброс результатов. На рисунке 2 показана диаграмма рассеяния величин «относительное разрывное удлинение образца – коэффициент использования прочности волокон», полученная по результатам 500 повторных прогонов. Рассеяние вызвано только статистическим разбросом значений характеристик структуры пряжи: кручения отдельных волокон, их расположения вдоль оси и в поперечных сечениях образца. Видно, что даже при совпадающих значениях характеристик у всех

волокон (коэффициенты вариации заданы равными нулю, что соответствует волокнам искусственного происхождения) наблюдается заметное рассеяние результатов по разным образцам вследствие статистического разброса в строении и структуре пряжи.

Аналогичная диаграмма при статистическом разбросе значений характеристик волокон (коэффициент вариации для длины, площади поперечных сечений, разрывного удлинения и разрывной нагрузки, был задан равным 20%) приведена на рисунке 3 (вариант модели М2).

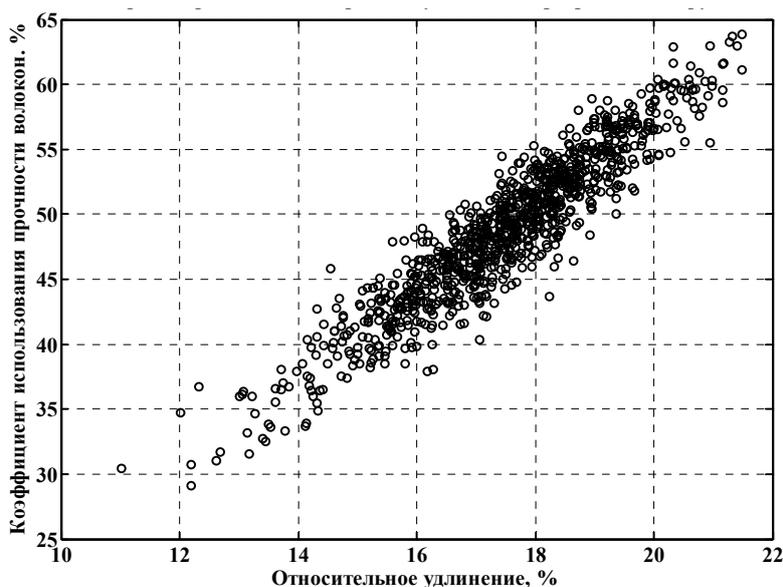


Рис. 2. Зависимость рассеяния «относительное удлинение – коэффициент использования прочности волокон». Все волокна одинаковы по всем характеристикам

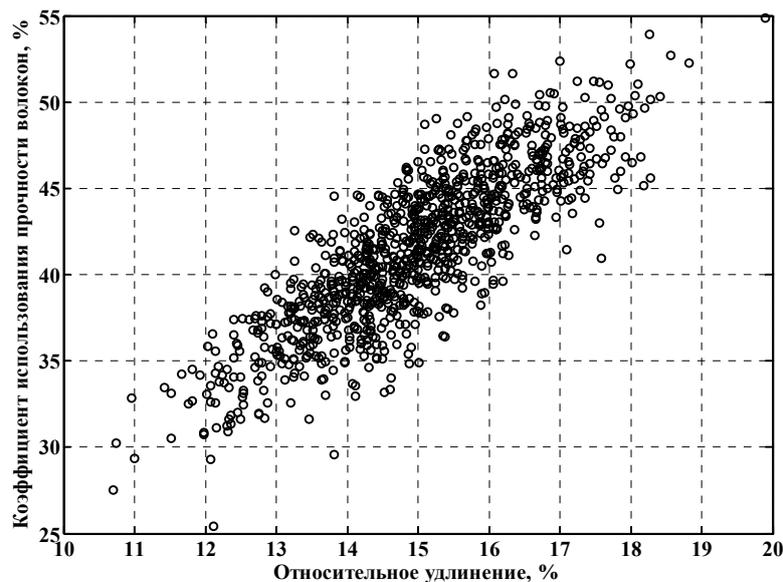


Рис. 3. Зависимость рассеяния «относительное удлинение – коэффициент использования прочности волокон». Все волокна имеют случайный разброс по всем характеристикам

Сравнение диаграмм (рис. 2 и 3) показывает снижение в среднем примерно на 8...10% коэффициента использования прочности волокон и заметное, примерно на 20%, возрастание разброса результатов по повторным прогонам. Повторные испытания реальных образцов нескольких видов пряжи в исследовании Н. Н. Труевцева [14] дали аналогичные значения и служат косвенным подтверждением результатов моделирования.

Отмеченный разброс разрывного удлинения и разрывной нагрузки, выраженной в коэффициенте использования прочности волокон, заметно меняет вид кривых на рисунке 1, а, б. Например, на рисунке 4 показаны результаты моделирования четырех образцов пряжи для варианта М2. Разрыв каждого образца происходит не единомоментно, а занимает целую область удлинений (на рисунке область выделена овалом). Аналогичная картина наблюдается и для других характеристик динамики удлинения, отображенных на рисунке 1.

Наиболее наглядным способом сравнения вариантов моделирования является визуальная

оценка по графикам кривых. Однако для обеспечения статистической устойчивости результатов необходимо выполнить сотни повторных прогонов каждого варианта. Для ускорения и автоматизации обработки результатов предлагается после каждого прогона для каждой кривой на рисунке 1 построить ее аппроксимацию – регрессию зависимости. Например, для зависимости $P(\varepsilon)$ была использована регрессия

$$P(\varepsilon) = \frac{a(1 - \exp(-b\varepsilon^c))}{1 + \left(\frac{\varepsilon}{d}\right)^r}, \quad (1)$$

где P – сила сопротивления образца удлинению, отнесенная к суммарной величине средней разрывной нагрузки волокон в сечении; a, b, c, d, r – параметры аппроксимации.

Очевидно, что аппроксимация (1) является нелинейной по параметрам однофакторной регрессией, параметры которой оцениваются, например, нелинейным методом наименьших квадратов с применением средств `sftool` в программной системе Matlab.

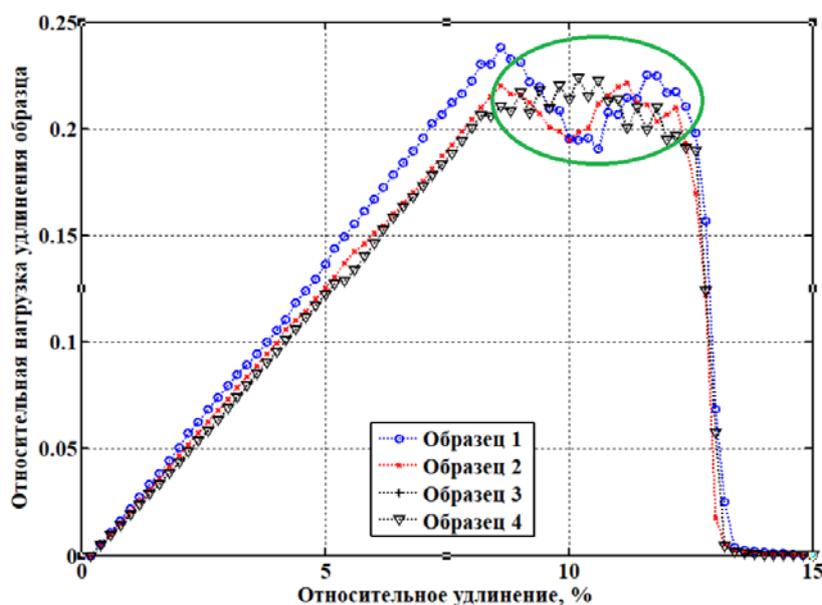


Рис. 4. Результаты моделирования четырех образцов пряжи для варианта М2

На рисунке 5 показаны примеры такой аппроксимации для 5 повторных прогонов модели. Изменяя значения параметров в (1), удается надежно и с малой ошибкой описать наблюдаемые зависимости. В таблице показан пример применения параметризации зависимости аппроксимирующей регрессией (1) для 500 повторных прогонов модели. В ней содержатся медианные оценки и их среднеквадратические отклонения (СКО) для каждого из 5 параметров

(1), а также для значений среднего квадрата остаточной ошибки аппроксимации SSE и квадрата коэффициента детерминации R^2 для двух вариантов пряжи (модели М1 и М2).

Разработанная методика: компьютерная имитационная модель динамики удлинения и разрыва образца пряжи; обработка результатов с применением аппроксимации зависимостей нелинейными регрессиями; получение оценок параметров регрессии с показателями их

точности – позволяют осуществить эксперименты по оценке влияния различных факторов, включенных в модель, на особенности динами-

ки удлинения и разрыва пряжи при различных вариантах характеристик волокон, строения и структуры пряжи.

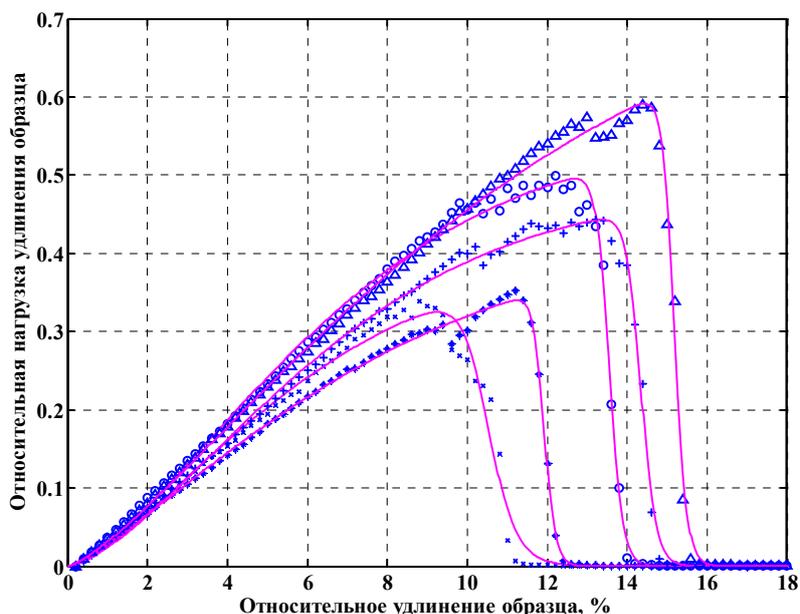


Рис. 5. Результаты аппроксимации 5 повторных прогонов модели при неизменных условиях моделирования и случайных вариациях характеристик волокон и структуры пряжи

Т а б л и ц а

Оценки параметров аппроксимации по прогонам модели

Оценка по прогонам	Коэффициент аппроксимации					SSE	R^2
	a	b	c	d	r		
Медиана (M1)	1,242	0,0263	1,19	18,31	336,3	0,0067	0,999
Медиана (M2)	0,605	0,047	1,41	13,57	80,09	0,0164	0,993
СКО, % (M1)	62,60	28,37	7,74	7,76	29,8	243,5	0,226
СКО, % (M2)	17,07	1,59	11,71	175,4	293,4	1,495	0,320

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ ISO 2062–2014. Материалы текстильные. Пряжа в паковках. Методы определения разрывной нагрузки и относительного удлинения при разрыве одиночной нити с использованием прибора для испытаний с постоянной скоростью растяжения образца (CRE). М. : Стандартинформ, 2015. 12 с.
- Брашлер Е. Крепость хлопчатобумажной пряжи : пер. с нем. / под ред. проф. В. В. Линде и инж. В. И. Будникова. М. : Гизлегпром, 1939. 152 с.
- Трыков П. П. Кручение текстильных материалов и зависимость между свойствами волокна и крепостью пряжи : дис. ... канд. техн. наук. М., 1940. 260 с.
- Соловьев А. Н. Свойства пряжи и зависимость их от крутки и свойств хлопка. М., 1941. 18 с.
- Основы прядения : в 2 т. / В. И. Будников, И. В. Будников, В. Е. Зотиков [и др.] ; под ред. проф. В. Е. Зотикова. М.-Л. : Гизлегпром, 1944–1945.
- Севостьянов А. Г. Сборник задач по теории процессов прядения / под ред. проф. В. Е. Зотикова. М.-Л. : Гизлегпром, 1948. 232 с.
- Бархоткин Ю. К. Развитие теоретических основ и технологии получения пряжи на кольцевой прядильной машине : дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2005. 301 с.
- Севостьянов П. А. Статистическая имитация растяжения и разрыва пряжи // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 1981. № 3. С. 9–13.
- Севостьянов П. А. Прогнозирование характеристик и повышение эффективности исследований технологических систем прядильного производства : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1985. 49 с.
- Севостьянов П. А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. М. : Информ-Знание, 2006. 447 с.

11. Севостьянов П. А., Яковлева Ю. С. Исследование влияния вида распределения характеристик волокон на прочностные свойства пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4(318). С. 105–106.
12. Sevostyanov P. A. Computer modeling of strand elongation // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 3С. С. 95–97.
13. Sevost'yanov P. A., Samoiloa T. A., Monakhov V. V., Ordov K. V. Dynamics of Elongation and Breaking of Complex Yarns and Its Dependence on Filament Properties in Modeling Semicyclic Deformations // Fibre Chemistry. 2017. Vol. 49, no 2. P. 142–144.
14. Труевцев Н. Н. Комплексная оценка свойств и расширение области применения пряжи пневмомеханического способа прядения : дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1983. 345 с.

REFERENCES

1. GOST ISO 2062–2014. *Materialy tekstil'nye. Pryazha v pakovkax. Metody opredeleniya razryvnoj nagruzki i odnositel'nogo udlineniya pri razryve odinochnoj niti s ispol'zovaniem pribora dlya ispytaniy s postoyannoj skorostyu rastyazheniya obrazca (CRE)*. [Textile materials. Yarn in packages. Methods for determination of breaking load and relative elongation at break of a single yarn using a constant rate of extension (CRE) tester]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 12 p. (In Russ.)
2. Brashler E. Strength of cotton yarn: Translated from German. Moscow, Gizlegprom Publ., 1939. 152 p. (In Russ.)
3. Trykov P. P. Twisting of textile materials and the relationship between fiber properties and yarn strength. Cand. techn. sci. dis. Moscow, 1940. 260 p. (In Russ.)
4. Soloviev A. N. Properties of yarn and their dependence on twist and properties of cotton. Moscow, 1941. 18 p. (In Russ.)
5. Budnikov V. I., Budnikov I. V. Fundamentals of spinning. Moscow, Gizlegprom Publ., 1944–1945. 2 vol. (In Russ.)
6. Sevostyanov A. G., ed. Zotikov V. E. Collection of problems on the theory of spinning processes. Moscow, Gizlegprom publ., 1948. 232 p. (In Russ.)
7. Barkhotkin Yu. K. Development of theoretical foundations and technology of yarn production on a ring spinning machine. Doct. techn. sci. dis. Ivanovo, 2005. 301 p. (In Russ.)
8. Sevostyanov P. A. Statistical simulation of yarn stretching and breaking. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 1981;3:9–13. (In Russ.)
9. Sevostyanov P. A. Forecasting characteristics and increasing the efficiency of research into technological systems of spinning production. Abstract of Doct. techn. sci. dis. Moscow, 1985. 49 p. (In Russ.)
10. Sevostyanov P. A. Computer modeling of technological systems and spinning products. Moscow, Inform-Znanie Publ., 2006. 447 p. (In Russ.)
11. Sevostyanov P. A., Yakovleva Yu. S. Study of the influence of the type of distribution of fiber characteristics on the strength properties of yarn. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2009;4(318):105–106. (In Russ.)
12. Sevostyanov P. A. Computer modeling of strand elongation. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2009;3С:95–97. (In Russ.)
13. Sevost'yanov P. A., Samoiloa T. A., Monakhov V. V., Ordov K. V. Dynamics of Elongation and Breaking of Complex Yarns and Its Dependence on Filament Properties in Modeling Semicyclic Deformations. Fibre Chemistry. 2017;49(2):142–144.
14. Truevtsev N. N. Comprehensive assessment of the properties and expansion of the scope of application of yarn of the rotor-mechanical spinning method. Doct. techn. sci. dis. Leningrad, 1983. 345 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.09.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

П. А. Севостьянов, доктор технических наук, профессор

Т. А. Самойлова, кандидат технических наук, доцент

Н. В. Минаева, старший преподаватель

Научная статья

УДК 677.025

EDN WBANVA

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-30-35>

Ксения Ивановна Рогова¹

Любовь Леонидовна Чагина²

Наталья Сергеевна Шипова³

Анна Геннадьевна Самохвалова⁴

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

¹ ksenia.rogova.imber75@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-9192-052X>

² lyu-chagina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

³ ns.shipova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0741-1297>

⁴ a_samohvalova@kosgos.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4401-053X>

ЭКСПЕРТНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНКЛЮЗИВНОЙ ОДЕЖДЫ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ РЕБИЛИТАЦИИ И АДАПТАЦИИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация. В статье апробирована разработанная авторами методика комплексной количественной оценки качества инклюзивной одежды, позволяющей на основе выявленных тремя группами экспертов наиболее весомых показателей качества одежды для людей с нарушением здоровья определенной нозологии, показать эффективность функционально улучшенных адаптивных изделий в сравнении с аналогичными типовыми моделями с точки зрения их влияния на социальную реабилитацию и адаптацию, повышение качества жизни и субъективное благополучие. В качестве экспертов, оценивающих изделия, выступают люди с нарушением здоровья, специалисты, принимающие участие в реабилитации и адаптации лиц с ограниченными возможностями здоровья, а также профессионалы швейного производства, создающие одежду, включая ученых-исследователей данного направления. Перечень наиболее значимых показателей, используемых для оценки качества и эффективности адаптивных изделий, определен для каждой из трех рассматриваемых групп потребителей с нарушением здоровья.

Ключевые слова: люди с нарушением здоровья, адаптивные изделия, комплексная количественная оценка, качество, эффективность, реабилитация, адаптация

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 24-28-20297.

Для цитирования: Экспертная комплексная оценка качества инклюзивной одежды в контексте обеспечения социальной реабилитации и адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья / К. И. Рогова, Л. Л. Чагина, Н. С. Шипова, А. Г. Самохвалова // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 30–35. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-30-35>.

Original article

Kseniya I. Rogova¹

Lyubov' L. Chagina²

Natalia S. Shipova³

Anna G. Samokhvalova⁴

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

EXPERT COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF INCLUSIVE CLOTHING IN THE CONTEXT OF ENSURING SOCIAL ADAPTATION AND REHABILITATION OF PEOPLE WITH DISABILITIES

Abstract. The article tested a method developed by the authors for a comprehensive quantitative assessment of the quality of inclusive clothing, which allows, basing on the most significant indicators of clothing quality identified by three expert groups for people with a certain nosology, to identify the effectiveness of function-

ally improved adaptive products in comparison with similar standard models in terms of their impact on social rehabilitation and adaptation, improving the quality of life and subjective well-being. Experts evaluating products include people with disabilities, specialists involved in the rehabilitation and adaptation of the disabled, as well as garment manufacturing professionals who create clothing, including scientists and researchers in this field. The list of the most significant indicators used to assess the quality and effectiveness of adaptive products is determined for each of the three groups of consumers with disabilities under consideration.

Keywords: *people with disabilities, adaptive products, comprehensive quantitative assessment, quality, effectiveness, rehabilitation, adaptation*

Acknowledgements: the work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant, project No 24-28-20297.

For citation: Rogova K. I., Chagina L. L., Shipova N. S., Samokhvalova A. G. Expert comprehensive assessment of the quality of inclusive clothing in the context of ensuring social adaptation and rehabilitation of people with disabilities. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 30–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-30-35>.

Осуществленное в междисциплинарном аспекте комплексное аналитическое изучение научных работ и собственные исследования, затрагивающие вопросы использования инклюзивной одежды как психологического и медико-социального инструмента адаптации и реабилитации людей с ограниченными возможностями здоровья, подтверждают выдвинутую гипотезу о роли адаптивной одежды [1–5]. Одежда является одним из ведущих психологических факторов субъективного благополучия человека. Для людей с особыми потребностями чрезвычайно важно значение одежды как весомого ресурса позитивного самовосприятия и социальной интеграции. Наличие в гардеробе функционально улучшенной адаптивной одежды способствует устранению социокультурных, коммуникативных барьеров между «особыми» и обычными людьми, способствуя созданию психологически комфортной среды для различной деятельности людей с нарушением здоровья.

Для того чтобы одежда являлась инструментом для повышения качества жизни, социальной реабилитации и адаптации людей с нарушением здоровья, она должна обладать специфическими особенностями, реализующими эти функции. Авторами предложена методика определения эффективности адаптивной одежды, базирующаяся на сравнительной оценке функционально улучшенных адаптивных изделий и аналогичных традиционных типовых моделей одежды [6]. В соответствии с разработанной методикой для выявления критериев, с помощью которых можно учитывать специфику адаптивной одежды для потребителей различной нозологии, проведены три независимых экспертных опроса. В первом случае экспертами выступали потребители с ограничением здоровья исследуемых нозологий (люди с наруше-

нием зрения, нарушением опорно-двигательного аппарата и расстройством аутистического спектра с сохранным интеллектом), высказывающие свои предпочтения в одежде. В качестве инструмента для выявления значимых характеристик адаптивной одежды людьми с ОВЗ использован метод QFD (Quality Function Deployment – структурирование функции качества), основанный на учете индивидуальных предпочтений пользователей. Перечисленные потребителями характеристики адаптивной одежды подвергались обсуждению и анализу, были систематизированы и оценены. Дальнейшее выявление определяющих показателей качества адаптивной одежды для каждой исследуемой категории потребителей реализовывалось экспертами, принимающими участие в реабилитации лиц с ОВЗ и специалистами-швейниками, создающими одежду, включая адаптивную. Проведение двумя группами экспертов системного анализа с использованием метода причинно-следственных схем Исикава позволило выявить взаимосвязи между качеством адаптивной одежды и различными факторами, оказывающими на него влияние. Сформированный в результате экспертного исследования перечень включает двадцать один показатель качества инклюзивной одежды (табл. 1).

Определение итогового перечня наиболее значимых критериев адаптивной одежды для каждой исследуемой категории потребителей осуществлено с использованием аппарата нечетких множеств, обеспечивающего повышение объективности экспертного заключения при выборе и ранжировании факторов [7]. В спорных ситуациях при расхождении мнений экспертов дополнительно использовался метод анализа иерархий [8]. В итоге для экспертной оценки образцов одежды, включающих типовые и функ-

ционально улучшенные экспериментальные модели, и последующей комплексной оценки в качестве единичных показателей приняты десять показателей с наибольшей весомостью, установленные при ранжировании тремя группами экспертов (табл. 2).

Определение числовых значений качественных критериев (см. табл. 2) сравниваемых изделий осуществляется с использованием четырех вариантов оценок: 5, 4, 3, 1 и соответствующих им описательных характеристик.

В качестве примера в таблице 3 приведены результаты расчета для разработанной адаптивной толстовки повышенной функциональности для людей с сенсорной гиперчувствительностью (изделие 1, рис., а) и аналогичной типовой модели толстовки (изделие 2, рис., б). Эксперты-потребители оценивают изделия после их ношения в течение определенного времени. Результаты оценки качества исследуемых изделий тремя группами экспертов приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 1

Общий перечень наиболее значимых показателей адаптивной одежды

Наименование показателя	Описание
1. Социально-функциональные показатели	
1.1. Функциональная эффективность	Степень соответствия изделия основным целевым функциям – назначению одежды; практичность, полезность изделия
1.2. Универсальность	Способность комбинировать с другими изделиями и быть гармоничными в любой ситуации
1.3. Позиционирование в обществе	Способность внешнего вида отражать социальное, профессиональное, материальное положение, а также цели, намерения и стремления человека
1.4. Создание личного привлекательного имиджа	Подчеркивание достоинств внешности, гармония элементов образа, соответствие ситуации, учет особенностей внешности
2. Реабилитационно-адаптивные	
2.1. Соответствие особенностям заболевания	Наличие специфических функциональных особенностей изделия в соответствии с заболеванием, условиями эксплуатации, образом жизни (особенностями жизнедеятельности)
2.2. Нивелирование заболевания	Использование различных средств и приемов, конструктивных решений, визуально скрывающих, маскирующих заболевание, включая применение иллюзий, способствующих зрительному сглаживанию или исключению дефекта
2.3. Компенсация утраченных функций	Применение дополнительных внешних устройств и специальных приспособлений, позволяющие добавить изделию функции, компенсирующие нарушение здоровья
2.4. Безопасность	Состояние изделия, при котором отсутствует риск, связанный с причинением вреда здоровью или угрозой жизни пользователя
3. Эргономические	
3.1. Антропометрическое соответствие	Статическое и динамическое соответствие одежды телу человека (соответствие одежды форме тела человека в покое и движении)
3.2. Гигиеническое соответствие	Включает оценку микроклимата под одеждой, который влияет на самочувствие человека (тепловой баланс, степень вентилируемости, защита от внутренней (пододежной) и внешней (атмосферной) влаги; гипоаллергенность материалов)
3.3. Психофизиологическое соответствие	Показатель эргономичности, оценивающий соответствие изделия физическим возможностям человека. Удобство надевания-снятия, удобство пользования отдельными элементами и масса одежды
3.4. Физиологическое соответствие	Учитывают физиологические особенности, обусловленные инвалидностью; степень соответствия физиологических показателей норме
3.5. Психологическое соответствие	Означает связь между психологическими особенностями личности и одеждой. Одежда выражает настроение личности; положительный эмоциональный настрой к изделию
4. Эстетические	
4.1. Соответствие моде	Новизна модели и конструкции, степень совершенства конструкции модели, товарный вид изделия
4.2. Художественно-колористическое оформление	Особенности цветового решения и рисунка
4.3. Фактура материала	Характер поверхности материалов
4.4. Наличие элементов кастомизации	Определяет индивидуальные, личностные особенности изделия
5. Эксплуатационные	
5.1. Качество материалов	Показателями качества могут быть свойства, выраженные в количественных характеристиках (геометрические, механические, физические, химические, эстетические и эксплуатационные)
5.2. Устойчивость внешнего вида в процессе носки	Безотказность функционирования элементов конструкции, восстанавливаемость свойств после стирок, химчисток, сохраняемость формы при эксплуатации
5.3. Моральная долговечность	Определяется временем использования товара по назначению, зависит от соответствия направлениям моды и не зависит от физического состояния изделия
5.4. Эффективность ухода за изделием	Простота ухода при эксплуатации (незагрязняемость; легкость стирки, утюжки, удаления пятен, скорость высыхания и т. п.)

Т а б л и ц а 2

Перечень показателей для оценки качества адаптивной одежды

Нозологическая группа потребителей					
Нарушение зрения		Нарушение опорно-двигательного аппарата		Расстройство аутистического спектра (сенсорная гиперчувствительность)	
Единичные показатели качества (ПК) и весомость (m)					
Наименование ПК	m	Наименование ПК	m	Наименование ПК	m
Универсальность	0,12	Компенсация утраченных функций	0,18	Соответствие особенностям заболевания	0,14
Психофизиологическое соответствие	0,13	Нивелирование заболевания	0,15	Фактура материала	0,11
Антропометрическое соответствие	0,1	Гигиеническое соответствие	0,13	Качество материалов	0,08
Безопасность	0,1	Функциональная эффективность	0,12	Функциональная эффективность	0,1
Функциональная эффективность	0,14	Антропометрическое соответствие	0,08	Создание личного привлекательного имиджа	0,08
Создание личного привлекательного имиджа	0,08	Создание личного привлекательного имиджа	0,03	Соответствие моде	0,08
Фактура материала	0,07	Психофизиологическое соответствие	0,09	Психологическое соответствие	0,13
Качество материалов	0,09	Качество материалов	0,06	Наличие элементов кастомизации	0,09
Устойчивость внешнего вида в процессе носки	0,08	Устойчивость внешнего вида в процессе носки	0,06	Психофизиологическое соответствие	0,11
Эффективность ухода за изделием	0,09	Физиологическое соответствие	0,1	Антропометрическое соответствие	0,08

Т а б л и ц а 3

Результаты экспертного исследования изделий

Наименование ПК	Весомость	Усредненные балловые оценки экспертов (П, Р, С _ш)*					
		Изделие 1			Изделие 2		
		П	Р	С _ш	П	Р	С _ш
Соответствие особенностям заболевания	0,14	4,9	5,0	5,0	2,1	1,8	1,8
Фактура материала	0,11	4,7	4,8	4,6	3,8	3,7	3,8
Качество материалов	0,08	4,5	4,7	4,5	4,5	4,2	4,4
Функциональная эффективность	0,1	4,4	4,5	4,4	3,5	3,7	3,9
Создание личного привлекательного имиджа	0,08	4,7	4,7	4,6	2,6	2,8	2,5
Соответствие моде	0,08	4,4	4,5	4,4	3,3	3,0	2,7
Психологическое соответствие	0,13	4,8	4,8	4,7	1,7	1,9	1,7
Наличие элементов кастомизации	0,09	3,3	3,2	3,5	3,3	3,2	3,3
Психофизиологическое соответствие	0,11	4,8	4,6	4,7	2,4	2,0	2,0
Антропометрическое соответствие	0,08	4,6	4,7	4,8	4,0	4,2	4,0

*Примечание: П – эксперты-потребители; Р – эксперты, принимающие участие в реабилитации людей с ОВЗ; С_ш – специалисты швейного производства.



Рис. Изделие 1 (а) и изделие 2 (б)

Анализ усредненных дискретных оценок экспертов двух изделий позволяет заключить следующее. Средние балловые оценки экспер-

тов трех групп в большинстве случаев не имеют резких отличий. По мнению экспертов, в соответствии с градацией качества [6] изделие 1

имеет «отличное» качество по семи показателям из десяти. Средняя оценка 4,85 по показателю «соответствие особенностям заболевания» (сенсорной гиперчувствительности) обеспечивается за счет наличия в изделии 1 следующих элементов: капюшона со звукоизоляцией; капюшона с регулируемой маской (панелью) для глаз; магнитной застежки; манжеты с удлиненной передней частью и прорезью для больших пальцев; технологической обработки изделия, включающей плоские соединительные швы. Наличие в изделии съемного капюшона (балаклавы) со звукоизоляционным материалом способствует подавлению звуковых колебаний и уменьшению акустической нагрузки на пользователя с гиперчувствительностью к звукам. Регулируемая панель для глаз обеспечивает нивелирование дискомфорта перцептивных стимулов (яркости освещения). Манжета рукава с удлиненной передней частью, закрывающей внешнюю сторону кисти руки, и использование для сборки деталей изделия плоских швов снижают тактильную чувствительность. Высокая оценка по показателю «психофизиологическое соответствие», учитывающего удобство надевания-снятия, удобства пользования отдельными элементами, определяется применением магнитных застежек, что реализует возможность более легкого застегивания и расстегивания отдельных деталей (планка полочки, карманы, панель для глаз). Психологическое соответствие, выражающее настроение личности, положительный эмоциональный настрой к изделию, реализуется как за счет специальных конструктивных решений, повышающих функциональность, так и за счет мягких текстур, гарантирующих комфорт при тактильном соприкосновении тела с одеждой. Создание личного привлекательного имиджа (средний балл экспертов 4,65) обуславливается ярким нарядным белым цветом изделия. «Отличное» качество изделия 1 по показателям «фактура материала» и «качество материалов» обеспечивается применением футерованного трикотажного полотна. Натуральный, мягкий и гладкий наружный слой способствует максимальному комфорту. Усиление приятных тактильных ощущений потребителя обеспечивает внутренний слой с начесом.

Для выявления эффективности функционально улучшенных адаптивных изделий для сравниваемых моделей рассчитываются ком-

плексные показатели качества (КПК). В данном случае для расчета КПК использовалась формула среднего геометрического:

$$G_j = Q_{j_1}^{j_1} Q_{j_2}^{j_2} \dots Q_{j_n}^{j_n} = \prod_{i=1}^n Q_{j_i}^{j_i}, \quad (1)$$

где Q_{j_i} – средняя дискретная балльная оценка показателя качества;
 j_i – коэффициент весомости; $\sum j_i = 1$;
 n – число показателей качества.

КПК изделия 1 и изделия 2 соответственно равны 4,57 и 2,79. Эффективность инклюзивного изделия наблюдается в случае увеличения значения КПК функционально улучшенного адаптивного изделия по сравнению с типовым. Индекс эффективности I_3 изделия определяется как отношение разницы между значением комплексного показателя качества функционально улучшенного инклюзивного изделия ($KPK_{ин}$) и комплексного показателя типового изделия (KPK_T), отнесенной к значению KPK_T :

$$I_3 = \frac{KPK_{ин} - KPK_T}{KPK_T}. \quad (2)$$

Абсолютное значение индекса эффективности определяет уровень эффективности инклюзивного изделия: высокий, хороший, средний, низкий. В рассматриваемом случае эффективность разработанного изделия по сравнению с типовым составляет 0,64, что в соответствии с предлагаемой в методе градацией соответствует среднему уровню эффективности [6].

ВЫВОДЫ

1. В результате экспертного исследования выявлены наиболее значимые показатели качества адаптивной одежды для трех групп потребителей с ОВЗ (расстройство аутистического спектра, ограничения опорно-двигательного аппарата и нарушения зрения).

2. Осуществлена комплексная экспертная оценка качества типового и функционально улучшенного адаптивного изделия, разработанного для людей с повышенной сенсорной чувствительностью, подтвердившая возможность количественного определения эффективности инклюзивной одежды в сравнении с типовыми моделями в контексте повышения социальной реабилитации и адаптации людей с ОВЗ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bhandari B. Adaptive Clothing Brands in Mainstream Fashion // Journal of the Textile Association. 2024. No 84. P. 151–154.

2. Инклюзивная одежда как средство социальной реабилитации и адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья: опыт и тенденции развития / Л. Л. Чагина, К. И. Рогова, А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 6. С. 5–17.
3. Одежда как социокультурный компонент внешнего облика: концептуализация модели / А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова, Л. Л. Чагина, К. И. Рогова // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2024. Т. 30, № 2. С. 39–48.
4. Kukielfko K. Adaptive Fashion. Clothing as a Tool for the Inclusion of People with Disabilities // Podstawy Edukacji. 2024. No 17. P. 119–128.
5. Kabel A., McBee-Black K., Dimka J. Apparel-related participation barriers: ability, adaptation and engagement // Disability and rehabilitation. 2016. No 38. P. 1–9.
6. Построение методики комплексной оценки качества инклюзивной одежды как ресурса социальной реабилитации и адаптации людей с ограниченными возможностями здоровья / Л. Л. Чагина, К. И. Рогова, А. Г. Самохвалова, Н. С. Шипова // Технологии и качество. 2025. № 1(67). С. 5–12.
7. Васильева В. Д., Дербишер Е. В., Дербишер В. Е. Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 3. С. 15–17.
8. Анализ состояния и направления совершенствования оценки качества текстильных материалов и изделий / Т. Н. Новосад, Т. О. Гойс, М. А. Стасева [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4(406). С. 5–24.

REFERENCES

1. Bhandari B. Adaptive Clothing Brands in Mainstream Fashion. Journal of the Textile Association. 2024;84:151–154.
2. Chagina L. L., Rogova K. I., Samokhvalova A. G., Shipova N. S. Inclusive Clothing as a Means of Social Rehabilitation and Adaptation of People with Disabilities: Experience and Development Trends. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2024;6:5–17. (In Russ.)
3. Samokhvalova A. G., Shipova N. S., Chagina L. L., Rogova K. I. Clothing as a Sociocultural Component of External Appearance: Conceptualization of the Model. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psixologiya. Sociokinetika* [Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics]. 2024;30,2:39–48. (In Russ.)
4. Kukielfko K. Adaptive Fashion. Clothing as a Tool for the Inclusion of People with Disabilities. *Podstawy Edukacji*. 2024;17:119–128.
5. Kabel A., Mc Bee-Black K., Dimka J. Apparel-related participation barriers: ability, adaptation and engagement. *Disability and rehabilitation*. 2016;38:1–9.
6. Chagina L. L., Rogova K. I., Samokhvalova A. G., Shipova N. S. Development of a Methodology for Comprehensive Assessment of the Quality of Inclusive Clothing as a Resource for Social Rehabilitation and Adaptation of People with Disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2025;1(67):5–12. (In Russ.)
7. Vasilyeva V. D., Derbisher E. V., Derbisher V. E. Improvement of the method of ranking quality indicators of textile materials. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2008;3:15–17. (In Russ.)
8. Novosad T. N., Gois T. O., Stasheva M. A. [et al.] Analysis of the state and directions of improvement of the quality assessment of textile materials and products. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;4(406):5–24.

Статья поступила в редакцию 28.10.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

К. И. Рогова, аспирант

Л. Л. Чагина, доктор технических наук, доцент

Н. С. Шипова, кандидат психологических наук, доцент

А. Г. Самохвалова, доктор психологических наук, профессор

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.051.174

EDN RMJXPA

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-36-40>

Научная статья

Илья Гайкович Хосровян¹

Анна Андреевна Жукова²

Александр Арменович Хосровян³

Гайк Амаякович Хосровян⁴

^{1,2,4}Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

³Ивановский химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

¹ask_smart@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4708-3492>

²annazh008@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-2868-4930>

³alexplay06@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-8779-1590>

⁴khosrovyan_haik@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-1759-1053>

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СМЕСОВОЙ КРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ И АССОРТИМЕНТА ТКАНЕЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ЛЬНОВОЛОКОН

***Аннотация.** В статье рассмотрен разработанный технологический процесс получения хлопкольняной пряжи, при котором продукт, содержащий грубые льняные волокна, не подвергается жесткому воздействию в процессе прядения на кольцевых или пневмомеханических прядильных машинах. Предлагаемый технологический процесс заключается в том, что на предварительном этапе готовится хлопкольняная ровница, которая затем поступает на прядильно-крутильную машину. На прядильно-крутильной машине выпрядаемая из ровницы хлопкольняная стренга соединяется с хлопчатобумажной нитью, образуя смешовую крученую пряжу. Представлены образцы тканей, полученных с использованием крученой пряжи в качестве основы и утка. Дана характеристика полученных в производстве тканей. Для расширения ассортимента смешовых тканей при изготовлении крученой пряжи согласно разработанному способу, кроме хлопковых волокон, также использовались полиэфирные и лавсановые волокна.*

***Ключевые слова:** котонин, ровница, смешовая крученая нить, способ получения крученой пряжи, смешовая ткань, прядильно-крутильная машина, ассортимент смешовых тканей*

***Для цитирования:** Разработка технологий производства смешовой крученой пряжи и ассортимента тканей с содержанием льноволокна / И. Г. Хосровян, А. А. Жукова, А. А. Хосровян, Г. А. Хосровян // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 36–40. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-36-40>.*

Original article

Ilya G. Khosrovyan¹

Anna A. Zhukova²

Alexander A. Khosrovyan³

Gaik A. Khosrovyan⁴

^{1,2,4}Ivanovo State Politechnical University, Ivanovo, Russia

³Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russia

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF MIXED TWISTED YARN AND A VARIETY OF FABRICS WITH LINEN CONTENT

***Abstract.** This article discusses a developed process for producing cotton-flax yarn. This process avoids the harsh spinning of coarse flax fibres on ring or rotor spinning machines. The proposed process involves pre-*

© Хосровян И. Г., Жукова А. А., Хосровян А. А., Хосровян Г. А., 2025

paring a cotton-flax roving in the preliminary stage, which is then fed to a spinning and twisting machine. On the spinning and twisting machine, the cotton-flax strand spun from the roving is combined with a cotton casting to form a blended twisted yarn. Samples of fabrics produced using twisted yarn as warp and weft are presented. The fabrics obtained in this process are characterised. To expand the range of blended fabrics, polyester and lavsan fibres were also used in the production of twisted yarn using the developed method, in addition to cotton fibres.

Keywords: *cotonin, roving, blended twisted yarn, method of obtaining twisted yarn, fabric, spinning and twisting machine, blended fabric assortment*

For citation: Khosrovyan I. G., Zhukova A. A., Khosrovyan A. A., Khosrovyan G. A. Development of technology for production of mixed twisted yarn and a variety of fabrics with linen content. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 36–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-36-40>.

Техническое льняное волокно состоит из комплексов элементарных волокон, очень неравномерных по свойствам, в первую очередь по линейной плотности. Для переработки льняного волокна в смеси с хлопковыми волокнами его подвергают процессу котонизации, в результате которого штапельный состав волокна приближается к хлопковому. Котонизация может производиться путем разрезания или разрыва технических волокон льна. В первом случае линейная плотность технических волокон не изменяется, и она может на порядок и более превосходить линейную плотность хлопка. При штапельировании разрывом часть технических волокон дробится, т. е. разделяется вдоль. Это ведет к снижению линейной плотности части волокон котонина. Однако большая неоднородность волокна по линейной плотности сохраняется. Кроме этого, в нем имеется большое количество «грубых» волокон с линейной плотностью в десятки раз большей, чем линейная плотность хлопка. Другим существенным недостатком такого волокна является наличие неволокнистых включений, прежде всего костры.

Отмеченные особенности, наряду с высоким содержанием пыли, создают определенные проблемы с переработкой такого волокна на хлопкопрядильном оборудовании как на кольцевых прядильных машинах, так и на пневмомеханических [1–6].

Так, на современных высокоскоростных прядильных пневмомеханических машинах отсутствует удаление технологического сора из ротора. Это приводит к засорению ротора и, как следствие, к обрывам нити. Для экономически целесообразного производства хлопкольнай пряжи из котонина необходимо создание специального оборудования.

На кольцепрядильных машинах, где формирующаяся пряжа в баллоне вращается с частотой более 10 000 об/мин, на частицы костры действуют значительные центробежные силы, которые приводят к обрыву еще не сформиро-

ванной пряжи. На сам процесс ее формирования негативно влияет наличие волокон с высокой линейной плотностью, которые имеют высокую изгибную жесткость и поэтому с трудом запрядаются в структуру пряжи. Наличие таких волокон увеличивает ворсистость пряжи [1–6].

Описанные явления подтверждены рядом исследований, поэтому производство хлопкольнай пряжи кольцевым способом прядения при использовании существующего оборудования на этапах получения котонина, подготовки полуфабриката и получения хлопкольнай пряжи нецелесообразно [7–9].

Для обеспечения возможности использования котонина при получении смешовой крученой пряжи нами разработан способ получения крученой пряжи, который исключает использование пневмомеханических и кольцевых прядильных машин [10].

Предлагаемый способ получения хлопкольнай пряжи заключается в том, что на первом этапе из хлопка и котонина готовится смешовая ровница (рис.). Для этого возле автоматического кипоразборщика формируется ставка кип с хлопковым волокном и котонином в соответствующей пропорции. После разрыхления, очистки и смешивания на разрыхлительно-очистительном агрегате волокнистая смесь поступает на чесальную машину, затем на два перехода ленточных машин и на ровничную машину.

Полученная ровница перерабатывается совместно с хлопковой пряжей на прядильно-крутильной машине. В результате жесткое льняное волокно по ходу технологического процесса не взаимодействует с бегунком и не подвергается натяжению в баллоне, что позволяет перерабатывать его с приемлемым уровнем обрывности.

Согласно предложенному способу на ровничной машине вырабатывается ровница, содержащая от 30 до 60% хлопкового волокна и от 40 до 70% котонина. Линейная плотность вырабатываемой ровницы находится в диапазоне 400...627 текс.

Из полученной ровницы на прядильно-крутильной машине вырабатывается хлопкольняная крученая пряжа с линейной плотностью от $18,5 \times 2$ до 29×2 текс. На веретене прядильно-крутильной машины устанавливается початок с хлопчатобумажной пряжей $18,5 \dots 29$ текс. В результате можно получить хлопкольняную крученую пряжу с линейной плотностью от $18,5 \times 2$ до 29×2 текс, содержащую 65...80 % хлопкового волокна и 20...35 % котонина.

Предлагаемая технология апробирована в производственных условиях. На прядильно-крутильной машине устанавливали хлопкольняную ровницу с линейной плотностью 400 текс, имеющую крутку 55 кр./м. Ровница состояла из 60 % хлопка и 40 % котонина. Общая вытяжка в вытяжном приборе составляла 21,63, в результате чего выпрядаемая стренга имела линейную плотность 18,5 текс.

На веретене прядильно-крутильной машины устанавливался початок с хлопчатобумажной нитью 18,5 текс. В результате формировалась крученая пряжа с линейной плотностью $18,5 \times 2$ текс. Она имеет крутку 670 кр./м, содержит 20 % котонина и 80 % хлопка.

Получены 8 вариантов хлопкольняной крученой пряжи, которая была использована в качестве основы и утка при производстве тканей различного назначения.

В дальнейших производственных исследованиях для расширения ассортимента тканей при изготовлении крученой пряжи согласно нашему способу были использованы также полиэфирные и лавсановые волокна [11–13].

Далее нами были разработаны бельевые, костюмные и портьерные ткани с использованием полученной по разработанному нами способу хлопкольняной крученой пряжи линейной плотности от $18,5 \times 2$ текс до 29×2 текс. Хлопкольняная крученая пряжа была использована как для основы, так и для утка. Образцы тканей вырабатывались на станке СТБ-180. Параметры выработанных тканей приведены в таблице.

ВЫВОДЫ

1. Предложен и экспериментально подтвержден способ получения хлопкольняной крученой пряжи на прядильно-крутильной машине.

2. Экспериментально подтверждена возможность выработки из полученной пряжи широкого ассортимента смесовых тканей.



Рис. Схема технологического процесса получения хлопкольняной крученой пряжи

Т а б л и ц а

Параметры экспериментальных тканей

Вид ткани	Переплетение	Основа	Уток	Число нитей на 10 см	
				по основе	по утку
Бельевая	Полотняное	21×2 текс (55 % котонин, 45 % ПЭ)	50 текс (50 % хлопок и 50 % ЛВ)	199	197
Бельевая	Полотняное	29 текс х/б	50 текс (50 % хлопок и 50 % ЛВ)	218	170
Костюмная	Саржа 2/2	18×2 текс (55 % котонин и 45 % ПЭ),	18×2 текс (50 % котонин и 50 % ЛВ)	394	220
Портьерная	Комбинированное	25 текс	21×2 текс (50 % котонин и 50 % ЛВ)	210	160

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хосровян Г. А., Хосровян А. Г., Хосровян И. Г. Теория и технологии подготовки волокнистой массы для производства текстильной продукции : монография / под общ. ред. Г. А. Хосровяна. М. : РУСАЙНС, 2023. 254 с.
2. Рудовский П. Н., Белова И. С., Сахарова Н. С. Исследование поперечного сечения продукта прядения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1. С. 91–97.
3. Исследование свойств льняной пряжи, полученной клеевым способом / П. Н. Рудовский, И. С. Белова, Н. С. Кузнецова, С. В. Палочкин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4. С. 90–96.
4. Рудовский П. Н., Смирнова С. Г. Влияние обвивочных волокон на прочность некрученой ровницы из льна // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2010. № 1(23). С. 34–37.
5. Корабельников А. Р., Лебедев Д. А., Шутова А. Г. Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 4. С. 143–146.
6. Разработка технологии и оборудования для рационального использования текстильных отходов / Г. А. Хосровян, И. Г. Хосровян, А. А. Хосровян, Е. О. Красавин // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 10(148). URL: <https://research-journal.org/media/articles/14729.pdf> (дата обращения: 10.09.2025).
7. Хосровян А. Г., Хосровян А. Г. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе // Международный научно-исследовательский журнал. 2021, ч. 1. № 4(106). С. 86–92.
8. Математическое моделирование процесса разрыхления волокнистой массы в зоне колосниковой решетки на разработанном оборудовании / И. Г. Хосровян, С. А. Родионов, А. А. Жукова, Г. А. Хосровян // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1. С. 127–132.
9. Хосровян А. Г., Егоров С. А., Хосровян Г. А. Совершенствование технологического процесса смешивания волокнистой массы в производстве новых текстильных и нетекстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 1. С. 172–176.
10. Патент 2807097 Российская Федерация. Способ получения хлопкольняной сдвоенной крученой пряжи на прядильно-крутильной машине / Хосровян Г. А., Хосровян И. Г., Родионов С. А., Жукова А. А., Хосровян Н. Ю. Опубл. 09.11.2023.
11. Расчет параметров берда при формировании трехмерных ортогональных тканей с перевязкой одной системой нитей в зоне формирования / А. Хабибуллоев, А. П. Гречухин, П. Н. Рудовский, И. В. Старинец, А. В. Куликов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6. С. 92–97.
12. Инновационные разработки теории и технологии производства одиночной и крученой пряжи с содержанием льноволокна / С. А. Родионов, А. Г. Хосровян, А. А. Жукова, И. Г. Хосровян, Р. Р. Алешин, Г. А. Хосровян // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4(400). С. 96–108.
13. Гречухин А. П., Рудовский П. Н. Развитие теории строения и формирования однослойных тканей. Кострома : Костромской государственный университет, 2017. 171 с.

REFERENCES

1. Khosrovyan G. A., Khosrovyan A. G., Khosrovyan I. G. Theory and Technologies of Fiber Mass Preparation for the Production of Textile Products. Moscow, RUSAYNS Publ., 2023. 254 p. (In Russ.)
2. Rudovsky P. N., Belova I. S., Sakharova N. S. Investigation of the spinning product cross-section. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;1:91–97. (In Russ.)
3. Rudovsky P. N., Belova I. S., Kuznetsova N. S., Palochkin S. V. Investigation of the properties of linen yarn obtained by the adhesive method. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;4:90–96. (In Russ.)
4. Rudovsky P. N., Smirnova S. G. The influence of wrapping fibers on the strength of an uncoiled flax roving. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kostroma State Technological University]. 2010;1(23):34–37. (In Russ.)

5. Korabelnikov A. R., Lebedev D. A., Shutova A. G. Isolation of weed impurities from the surface of a layer of fibrous material. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2012;4:143–146. (In Russ.)
6. Khosrovyan G. A., Khosrovyan I. G., Khosrovyan A. A., Krasavin E. O. Development of technology and equipment for the rational use of textile waste. *International Scientific Research Journal*. 2024;10. URL: <https://research-journal.org/media/articles/14729.pdf> (дата обращения: 10.09.2025). (In Russ.)
7. Khosrovyan A. G., Khosrovyan G. A. Mathematical modeling of the process of cleaning fibrous materials in a baking powder-cleaner. *International Scientific Research Journal. Part 1*. 2021;4(106):86–92. (In Russ.)
8. Khosrovyan I. G., Rodionov S. A., Zhukova A. A., Khosrovyan G. A. Mathematical modeling of loosening process of fibrous mass in grate area on the developed equipment. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;1:127–132. (In Russ.)
9. Khosrovyan A. G., Egorov S. A., Khosrovyan G. A. Improvement of the technological process of mixing fibrous mass in the production of new textile and non-textile materials. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2020;1:172–176. (In Russ.)
10. Patent 2807097 Russian Federation. Method of producing cotton double twisted yarn on a spinning and twisting machine. Khosrovyan G. A., Khosrovyan I. G., Rodionov S. A., Zhukova A. A., Khosrovyan H. Ju. Publ. 09.11.2023.
11. Habibullov A., Grechukhin A. P., Rudovsky P. N., Starinets I. V., Kulikov A. V. Calculation of the parameters of a bird when forming three-dimensional orthogonal fabrics with a single thread system in the formation zone. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;6(402):92–97. (In Russ.)
12. Rodionov S. A., Khosrovyan A. G., Zhukova A. A., Khosrovyan I. G., Aleshin R. R., Khosrovyan G. A. Innovative developments in the theory and technology of production of single and twisted yarn containing flax fibers. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;4(400):96–108. (In Russ.)
13. Grechukhin A. P., Rudovsky P. N. Development of the theory of the structure and formation of single-layer tissues. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2017. 171 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 02.10.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

И. Г. Хосровян, кандидат технических наук

А. А. Жукова, аспирант

А. А. Хосровян, студент

Г. А. Хосровян, доктор технических наук, профессор

Обзорная статья

УДК 677.12

EDN KNDLTK

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-41-48>

Александр Сергеевич Парсанов¹

Денис Владимирович Тунцев²

Ирина Владимировна Красина³

Наталья Васильевна Тихонова⁴

^{1,2,3,4}Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

¹ ParsanovAS@corp.knrntu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9573-1521>

² TuntsevDV@corp.knrntu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1842-5771>

³ KrasinaIV@corp.knrntu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9448-121X>

⁴ TikhonovaNV@corp.knrntu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2241-869X>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЛОКОН ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

Аннотация. В обзоре представлен комплексный анализ современных методов переработки и получения лубяных волокон конопли – ключевого технологического этапа, определяющего качество и себестоимость конечной продукции. Рассмотрены традиционные, химические, биологические и физико-механические способы, их преимущества и недостатки. Показано, что выбор метода зависит от целевого применения волокна и баланса между экономической эффективностью и экологической безопасностью. Наиболее перспективным направлением признаны гибридные технологии, сочетающие предварительную физико-химическую обработку с последующей биологической доработкой. Особое внимание уделено перспективам развития методов, включая создание новых ферментных комплексов и внедрение замкнутых циклов переработки отходов.

Ключевые слова: конопля техническая, лубяные волокна, пектинолитические ферменты, микробиологическая декортикация, щелочная обработка, методы переработки волокон, комплексная переработка отходов

Благодарности: работа выполняется в рамках Программы «Приоритет-2030».

Для цитирования: Современные методы переработки волокон технической конопли / А. С. Парсанов, Д. В. Тунцев, И. В. Красина, Н. В. Тихонова // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 41–48. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-41-48>.

Review article

Alexander S. Parsanov¹

Denis V. Tuntsev²

Irina V. Krasina³

Natalia V. Tikhonova⁴

^{1,2,3,4} Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

MODERN METHODS OF PROCESSING TECHNICAL HEMP FIBRES

Abstract. This review presents a comprehensive analysis of modern methods for processing and extracting hemp bast fibre – a key technological step determining the quality and cost of the final product. Traditional, chemical, biological, and physical-mechanical methods, along with their advantages and disadvantages, are considered. It is shown that the choice of method depends on the intended use of the fibre and the balance between cost effectiveness and environmental safety. Hybrid technologies combining preliminary physical-chemical processing with subsequent biological processing are recognised as the most promising. Particular attention is paid to the prospects for further development of these methods, including the creation of new enzyme complexes and the implementation of closed-loop waste recycling systems.

Keywords: industrial hemp, bast fibres, pectinolytic enzymes, microbiological decortication, alkaline treatment, fibre processing methods, complex waste recycling

Acknowledgements: The work is carried out within the Priority 2030 programme.

For citation: Parsanov A. S., Tuntsev D. V., Krasina I. V., Tikhonova N. V. Modern methods of processing technical hemp fibres. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 41–48. (InRuss.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-41-48>.

На фоне глобального экологического кризиса и растущего осознания ограниченности ископаемых ресурсов мировое сообщество переживает этап переоценки ценностей в сфере производства материалов. В этом контексте наблюдается знаковое возрождение интереса к конопле технической (*Cannabis sativa* L.) – одной из древнейших сельскохозяйственных культур человечества, обладающей уникальным потенциалом в качестве возобновляемого источника сырья. После десятилетий забвения, обусловленных в основном политическими и социальными факторами, конопля возвращается на аграрные поля и в промышленность, но уже в новом качестве – как основа для устойчивой, «зеленой» экономики.

Особый интерес представляют лубяные волокна стебля конопли, которые по своим механическим свойствам не только не уступают традиционным текстильным культурам, таким как хлопок, но и превосходят их по прочности и долговечности. Высокая прочность на разрыв, способность к поглощению влаги и природные антимикробные свойства открывают перед ними широкие перспективы в текстильной промышленности, где существует острая потребность в замене водо- и пестицидоемкого хлопка и синтетических волокон, получаемых из нефти.

Не менее значимым является применение технической конопли в производстве композиционных материалов [1]. Легкие, прочные и биоразлагаемые волокна служат идеальным армирующим наполнителем для биополимеров, позволяя создавать экологичные аналоги стекло- и углепластиков для автомобилестроения, строительства и производства упаковки. Это отвечает стратегическим задачам по сокращению углеродного следа и переходу к замкнутым производственным циклам.

Однако ключевым технологическим барьером, стоящим на пути широкой промышленной переработки этого ценного сырья, является процесс получения однотипного волокна – отделения лубяных пучков от древесной сердцевины (костры) и разрушения пектиновых связей между элементарными волокнами. От эффективности этого процесса напрямую зависят чистота, длина и механические свойства конечного волокна, а также общая экономическая и экологическая рентабельность всего производства. Та-

ким образом, совершенствование методов получения однотипного волокна является центральной научно-прикладной задачей, решение которой позволит в полной мере раскрыть потенциал конопли как материала будущего.

Именно от эффективности переработки напрямую зависят ключевые потребительские свойства конечного продукта: длина, чистота, прочность и однородность волокна.

При этом получение однотипного волокна справедливо считается не только ключевым, но и наиболее затратным этапом во всей цепочке переработки конопли. Традиционные методы, такие как полевая росаяная мочка, хотя и отличаются низкими энергозатратами, сопряжены с длительностью процесса, крайней нестабильностью качества и риском биodeградации самого ценного целлюлозного компонента волокна. Современные же механические и химические способы зачастую требуют значительных капиталовложений в оборудование и энергию, а также могут приводить к повреждению волокон или созданию токсичных стоков, нивелируя экологические преимущества самой культуры. Таким образом, поиск и разработка рентабельного, эффективного и экологически сбалансированного метода переработки технической конопли становится центральной задачей, от решения которой зависит будущее конопляной индустрии.

Целью данного обзора является комплексный анализ современных методов получения однотипного волокна технической конопли. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: классифицировать и описать принципы действия различных методов получения волокна; провести сравнительный анализ качества волокна; выявить тенденции и перспективы развития технологий.

Среди всего многообразия способов переработки технической конопли исторически первыми и наименее затратными с точки зрения прямых энергозатрат являются традиционные, или естественные, методы, основанные на деятельности аэробных и анаэробных микроорганизмов. Наиболее распространенным из них является росаяная мочка, при которой скошенные стебли конопли равномерно расстилаются на поле. В этом случае процесс ферментации запускается и поддерживается за счет естественного чередования дождевой влаги, росы,

солнечного тепла и активности микрофлоры, присутствующей в воздухе и на самих стеблях [2]. Несмотря на кажущуюся простоту, данный метод характеризуется крайней зависимостью от климатических условий, так как оптимальное сочетание температуры и влажности трудно прогнозируемо и трудно регулируемо. Как следствие, длительность процесса может составлять от нескольких недель до нескольких месяцев, что делает его непригодным для современного интенсивного промышленного производства [3]. Ключевыми недостатками росной мочки, помимо длительности, считаются высокий риск так называемой перемочки – ослабления и даже разрушения целлюлозных волокон при чрезмерной ферментации, а также значительная вариабельность и часто неудовлетворительное качество получаемого сырья, нередко обладающего характерным темным цветом и запахом [4].

Альтернативным естественным подходом выступает водная, или прудовая, мочка. В этом случае стебли конопли погружаются в водоемы со стоячей или медленно текущей водой, где в условиях дефицита кислорода развиваются преимущественно анаэробные микроорганизмы, активно разрушающие пектиновые связки [5]. Данный метод считается несколько более контролируемым по сравнению с полевым, так как позволяет добиться более равномерной ферментации по всему объему сырья и, как правило, более светлого оттенка волокна. Однако он также требует значительного времени – от одной до нескольких недель. Главным же ограничивающим фактором в современном контексте является сильное негативное воздействие на окружающую среду. В процессе разложения органические вещества стеблей в большом количестве переходят в воду, что приводит к резкому обеднению водоема кислородом (эвтрофикации) и гибели водной экосистемы. По этой причине масштабное применение прудовой мочки в настоящее время экологически неприемлемо и законодательно запрещено во многих развитых странах [6].

В поисках более быстрых и управляемых решений по сравнению с естественными методами, наука и промышленность обратились к химическим способам получения однотипного волокна. Наиболее широко изученным и применяемым из них является щелочная обработка, чаще всего с использованием гидроксида натрия NaOH или калия KOH. Механизм данного процесса основан на реакции омыления и разрушения сложных эфирных связей в пектиновых веществах, а также в частичном растворении лигнина и гемицеллюлоз, что приводит к расщеп-

лению связей между элементарными волокнами [7]. Ключевыми достоинствами щелочного метода являются его высокая эффективность и скорость, позволяющие сократить процесс до нескольких часов. Однако метод имеет серьезные недостатки, к которым относится высокая коррозионная активность щелочей, предъявляющая особые требования к материалу реакционного оборудования, а также генерация больших объемов высокоминерализованных сточных вод, требующих сложной и дорогостоящей утилизации [8]. Кроме того, агрессивная щелочная среда может приводить к гидролизу и частичной деградации целлюлозы, что негативно сказывается на прочностных характеристиках конечного волокна [9].

Кислотная обработка с применением, например, серной или азотной кислоты, хотя и может эффективно гидролизовать пектины, получила значительно меньшее распространение. Это связано с ее чрезвычайной агрессивностью, которая приводит не только к целевой деструкции пектинов, но и к сильному повреждению основного целлюлозного каркаса волокна, резко снижая его механическую прочность и делая его непригодным для производства высококачественных текстильных и композитных материалов [10].

Более перспективным направлением в рамках химического подхода считается окислительная обработка такими реагентами, как пероксид водорода H_2O_2 или озон O_3 . Эти соединения способны эффективно разрушать лигнино-пектиновые комплексы за счет окислительных реакций [11]. Данный метод часто позиционируется как «зеленая» альтернатива щелочной обработке, поскольку его побочными продуктами, как правило, являются вода и кислород, что минимизирует нагрузку на окружающую среду. Важным технологическим преимуществом является совмещение процессов получения однотипного волокна и отбеливания, что позволяет упростить последующие стадии переработки [12].

В противовес агрессивным химическим подходам, биологические методы переработки технической конопли предлагают экологичную альтернативу, основанную на использовании природных биохимических процессов. Эти методы можно условно разделить на два направления: микробиологическое и ферментативное.

Микробиологическая технология воспроизводит и интенсифицирует принципы, лежащие в основе традиционной мочки, но в контролируемых условиях. В данном процессе используются специфические штаммы бактерий и грибов (таких как *Phanerochaete chrysosporium*

и *Aspergillus spp.*), которые в процессе своей жизнедеятельности выделяют комплекс внеклеточных ферментов – пектиназ, ксиланаз и лигниназ [13]. Эти ферменты целенаправленно разрушают пектиновые вещества и частично модифицируют лигнин, ослабляя связь между элементарными волокнами и паренхимными тканями. К неоспоримым преимуществам данного метода относятся низкие энергозатраты и высокая экологичность, поскольку процесс протекает в мягких условиях без образования токсичных отходов [14]. Однако широкое промышленное внедрение микробиологической технологии сдерживается существенными недостатками, главными из которых являются значительная длительность ферментации (от нескольких дней до недель) и необходимость поддержания стерильных или близких к ним условий для подавления роста посторонней микрофлоры, что усложняет и удорожает технологию [15].

Более технологичной и управляемой разновидностью биологического подхода является ферментативная технология получения однотипного волокна. В этом случае процесс осуществляется не живыми микроорганизмами, а готовыми препаратами очищенных ферментов, таких как пектиназы, ксиланазы и в строго контролируемых количествах – целлюлазы. Механизм действия заключается в высокоспецифичном гидролизе пектиновых связей при мягких значениях температуры и pH [16]. Это позволяет добиться эффективного разделения волокон с минимальным повреждением их целлюлозной основы, что в итоге гарантирует высокое и стабильное качество конечного продукта с отличными механическими свойствами. Высокая специфичность и мягкость условий являются ключевыми достоинствами метода. Тем не менее, основным фактором, лимитирующим его масштабирование для массового производства, остается высокая стоимость коммерческих ферментных препаратов, что пока не позволяет ему конкурировать по экономическим показателям с химическими методами [17].

Стремление сократить продолжительность процесса и минимизировать воздействие на окружающую среду стимулировало развитие физико-механических и физико-химических методов, которые используют не химическую или биологическую, а физическую энергию для разделения волокон.

Наиболее эффективным среди них считается метод паровой взрывной обработки. Данная технология предполагает кратковременную обработку сырья насыщенным паром под высоким давлением и температурой, после чего про-

исходит мгновенный сброс давления [18]. В результате «взрывной» декомпрессии вода, проникшая в структуру стенки растительной клетки, вскипает, создавая мощные механические напряжения, которые разрушают лигнино-углеводный комплекс и разделяют волокна. Этот процесс характеризуется высокой эффективностью и исключительной скоростью, занимая от нескольких минут до десятков минут [19]. Однако его существенными ограничениями являются риск перегрева и повреждения целлюлозных волокон, что приводит к снижению их длины и прочности, а также высокие капитальные затраты на специализированное герметичное и взрывобезопасное оборудование [20].

Более мягким физическим воздействием обладает ультразвуковая обработка. В этом случае на сырье воздействуют акустическими волнами высокой частоты, вызывающими явление кавитации – образование и схлопывание микропузырьков в жидкой среде. Микроскопические гидравлические удары эффективно разрушают пектиновые связи между волокнами и способствуют вымыванию примесей [21]. Хотя ультразвук, как правило, не используется как самостоятельный метод для полной переработки и получения однотипного волокна, он демонстрирует высокую эффективность в качестве стадии предварительной или дополнительной обработки, значительно интенсифицируя последующие биологические или мягкие химические процессы [22].

Наиболее прямолинейным, но и наиболее грубым подходом является механическая декортикация, при которой волокна физически отделяются от костры путем дробления, раздавливания или перетирания стеблей с помощью вальцовых, ударных или шнековых устройств [23]. Главное достоинство этого метода – высокая скорость и непрерывность технологического процесса. Однако получаемое волокно часто характеризуется высоким содержанием костры (так называемая закостренность), а также значительным повреждением и разрывом длинных волокон, что снижает его ценность для текстильной промышленности и ограничивает применение в производстве нетканых материалов или композитов среднего качества [24].

Сравнительный анализ методов получения волокна представлен в таблице.

Анализ преимуществ и недостатков каждого из рассмотренных методов со всей очевидностью демонстрирует, что будущее эффективной и устойчивой переработки конопляных волокон лежит не в поиске единственного универсального решения, а в разработке интегрированных гибридных технологий. Наиболее пер-

спективным направлением являются комбинированные методы, которые позволяют нивелировать слабые стороны отдельных процессов за счет их синергии. Классическим примером служит схема, при которой проводится кратковременная предобработка сырья щелочью или паром высокого давления. Эта стадия частично разрушает сложную структуру лигнино-пекти-

нового комплекса, что впоследствии значительно облегчает и ускоряет работу ферментных препаратов или микроорганизмов. Такой подход позволяет в несколько раз сократить расход дорогостоящих ферментов или количество агрессивных химикатов, одновременно уменьшая общее время процесса и сохраняя высокое качество волокна [25].

Т а б л и ц а

Сравнительный анализ методов получения волокна

Критерий	Метод			
	традиционный	химический	биологический	паровой взрывной
Длительность процесса	Очень высокая	Низкая	Высокая	Очень низкая
Качество волокна	Нестабильное	Снижение прочности	Высокое	Хорошее, возможна ломкость
Энергозатраты	Низкие	Средние/Высокие	Низкие	Высокие
Влияние на экологию	Загрязнение водоемов	Высокое (стоки)	Низкое	Низкое (нет химикатов)
Себестоимость	Низкая	Средняя	Высокая (ферменты)	Высокая (оборудование)
Уровень контроля	Низкий	Высокий	Средний	Высокий

Важным направлением фундаментальных исследований остается целенаправленная разработка новых биологических агентов. Речь идет как о селекции специализированных штаммов микроорганизмов с повышенной активностью именно к пектинам конопли, так и о создании рекомбинантных ферментных комплексов, обладающих максимальной специфичностью и эффективностью [26]. Подобные разработки позволят сделать биологическую технологию получения однотипного волокна не только экологичной, но и экономически конкурентной.

В контексте развития циркулярной экономики и повышения рентабельности всего производства, обязательным элементом современных технологических схем становится комплексная переработка отходов. Древесная часть стебля (костра) может быть использована в качестве наполнителя для композитов, сырья для производства биоугля или строительных материалов [27]. Жидкие гидролизаты, образующиеся после химической или биологической обработки, содержат значительное количество растворенных органических веществ и представляют интерес как субстрат для получения биогаза или, после дополнительной очистки, как кормовые добавки [28].

Наконец, переход к крупнотоннажному промышленному производству невозможен без глубокой оптимизации и интенсификации процессов на основе современных инструментов управления. Применение методов математического моделирования кинетики процессов получения однотипного волокна и использование систем автоматизированного управления техно-

логическими процессами позволяют перейти от эмпирического контроля к точному прогнозированию и поддержанию оптимальных параметров на каждом этапе, что гарантирует стабильно высокое качество продукции при минимизации затрат [29].

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ современных методов переработки и получения однотипного волокна конопли демонстрирует, что на сегодняшний день не существует универсального «идеального» решения, которое могло бы одновременно гарантировать высочайшее качество волокна, минимальную себестоимость, высокую скорость процесса и абсолютную экологичность. Выбор оптимальной технологии всегда остается компромиссом и диктуется целевым применением конечной продукции, а также экономическими и экологическими требованиями конкретного производства.

Наиболее перспективным вектором развития отрасли является отход от одностадийных процессов в сторону комбинированных гибридных технологий. Сочетание, например, кратковременной физико-химической предобработки с последующей биологической или мягкой химической доработкой позволяет синергетически объединить преимущества разных методов, нивелируя их индивидуальные недостатки. Именно такие интеграционные подходы открывают путь к созданию эффективного, рентабельного и при этом устойчивого производства, отвечающего принципам «зеленой» химии.

Для практической реализации этого потенциала необходима концентрация усилий на ряде ключевых направлений научных и инженерных исследований. К ним относятся разработка более эффективных и дешевых ферментных препаратов, совершенствование режимов паровзрывной обработки для минимизации повреждения волокон, а также создание энерго- и ресурсосбере-

гающих технологий с замкнутыми циклами переработки всех видов отходов. Решение этих задач позволит не только преодолеть текущие технологические барьеры, но и вывести коноплеводство на новый уровень, окончательно закрепив за ним статус одной из основополагающих отраслей биоэкономики будущего.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Парсанов А. С., Антонова М. В., Красина И. В. Применение конопли в производстве композитных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6(396). С. 292–297.
2. Круглий Д. Г. Новые энерго- и ресурсосберегающие технологии в переработке лубяных культур // Вестник Херсонского национального технического университета. 2015. № 1(52). С. 103–109.
3. Иванов А. В., Петрова С. К. Технология переработки лубяных культур. М. : Агропромиздат, 2018. 320 с.
4. Сидоров П. И. Возрождение коноплеводства: агротехника и первичная переработка. М. : Профи-Инфо, 2019. 288 с.
5. Johnson M. K., Davis R. W. Microbial retting of bast fibers: A review // Bioresource Technology. 2021. Vol. 320. P. 124345.
6. ГОСТ EN 16575–2014. Биопродукты и биоэнергия. Критерии устойчивости (EN 16575:2014). Введ. 2016-07-01. М. : Стандартинформ, 2015. 24 с.
7. Кузнецов В. Д., Семёнова Е. А. Химическая технология переработки растительного сырья. СПб. : Химия, 2017. 400 с.
8. Reddy N., Yang Y. Innovative Biofibers from Renewable Resources. Singapore : Springer, 2020. 450 p.
9. Патент 2656789 С1 Российская Федерация, МПК D01C 1/00. Способ получения целлюлозных волокон из лубяных культур / Петров И. С., Петрова А. И.; заявитель Федеральный научный центр лубяных культур. № 2021101234; заявл. 19.01.2021; опубл. 04.06.2022, Бюл. № 16. 9 с.
10. Li T., Wang R. Fiber Degradation in Acidic Retting: A Comparative Study // Journal of Materials Science. 2021. Vol. 56, no 4. P. 108–122.
11. Смирнов О. П. Экологические аспекты современных технологий. СПб. : Профессия, 2019. 336 с.
12. Zhang H., Liu G. Green Oxidation Processes in Fiber Extraction // Green Chemistry. 2023. Vol. 25, no 1. P. 140–155.
13. Сидоров П. И., Козлова М. А. Биотехнология в переработке лубяных культур : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2022. 240 с.
14. Liu Y., Patel A. K. Green Retting: Microbial and Enzymatic Approaches for Bast Fiber Processing // Bioresource Technology Reports. 2023. Vol. 22. P. 101456.
15. Ермакова Л. Н. Микробиологические основы переработки растительного сырья. М. : Инфра-М, 2020. 256 с.
16. Zhang H., Chen W. Enzymatic Retting of Hemp Fibers: Optimization and Fiber Properties // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 171. P. 113887.
17. Kumar A., Singh S. P. Cost Analysis of Enzyme-Assisted Extraction of Natural Fibers // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 379. P. 134712.
18. Зайцев В. А., Фролов С. В. Перспективные технологии переработки биоресурсов. М. : КолосС, 2021. 320 с.
19. Chen L., Passoni V. Steam Explosion Pretreatment of Hemp Stalks for Fiber Production: Impact on Fiber Properties // Bioresource Technology. 2022. Vol. 344. P. 126245.
20. Патент 2687891 С1 Российская Федерация, МПК D01C 1/02. Способ получения тонких лубяных волокон / Лебедев С. А., Воронова М. И.; заявитель Костромской государственной университет. № 2018145670; заявл. 18.12.2018; опубл. 22.05.2019, Бюл. № 15. 8 с.
21. Тимофеева Г. А. Применение ультразвука в технологиях легкой промышленности. Иваново : ИГТУ, 2019. 200 с.
22. Wang X., Li D. Synergistic Effect of Ultrasonic and Enzyme Treatment on Hemp Fiber Quality // Ultrasonics Sonochemistry. 2020. Vol. 69. P. 105253.

23. Медведев П. О. Техника и технология переработки лубяных культур. М. : Агропромиздат, 2018. 352 с.
24. Johnson R., Müller C. Quality Assessment of Mechanically Decorticated Hemp Fibers for Composite Applications // *Journal of Natural Fibers*. 2021. Vol. 18, no 5. P. 654–665.
25. Ковалёв А. А., Семёнова Е. В. Комбинированные методы переработки растительного сырья. СПб. : Химия, 2022. 384 с.
26. Smith J. P., Zhang L. Engineering Microbial Consortia for Efficient Retting of Hemp Fibers // *Nature Biotechnology*. 2023. Vol. 41, no 2. P. 44–51.
27. Евдокимов И. В. Утилизация отходов агропромышленного комплекса: теория и практика. СПб. : Профессия, 2021. 416 с.
28. Müller Ch., Weber A. Biogas Production from Hemp Processing Wastewaters: A Feasibility Study // *Renewable Energy*. 2022. Vol. 195. P. 502–512.
29. Петров К. Л. Автоматизация технологических процессов в биотехнологии. М. : Инфра-М, 2020. 320 с.

REFERENCES

1. Parsanov A. S., Antonova M. V., Krasina I. V. Application of hemp in the production of composite materials. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2021;6(396):292–297. (In Russ.).
2. Krugly D. G. New energy- and resource-saving technologies in the processing of bast fiber crops. *Vestnik Chersonskogo nacional'nogo texnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kherson National Technical University]. 2015;1(52):103–109. (In Russ.).
3. Ivanov A. V., Petrova S. K. Technology of processing bast crops. Moscow, Agropromizdat Publ., 2018. 320 p. (In Russ.).
4. Sidorov P. I. Revival of hemp growing: agricultural technology and primary processing. Moscow, Prof-Info Publ., 2019. 288 p. (In Russ.).
5. Johnson M. K., Davis R. W. Microbial retting of bast fibers: A review. *Bioresource Technology*. 2021;320:124345.
6. *GOST EN 16575–2014. Bioproducty i bioenergiya. Kriterii ustojchivosti* [State Standard EN 16575-2014. Bioproducts and bioenergy. Sustainability criteria]. (In Russ.). Moscow, Standartinform Publ., 2015. 24 p. (In Russ.)
7. Kuznetsov V. D., Semyonova Ye. A. Chemical technology of processing plant raw materials. Sankt-Peterburg, Khimiya Publ., 2017. 400 p. (In Russ.).
8. Reddy N., Yang Y. *Innovative Biofibers from Renewable Resources*. Singapore, Springer, 2020. 450 p.
9. Petrov I. S., Petrova A. I. Method for obtaining cellulose fibers from bast crops. Patent No 2656789. (In Russ.).
10. Li T., Wang R. Fiber Degradation in Acidic Retting: A Comparative Study. *Journal of Materials Science*, 2021;56(4):108–122.
11. Smirnov O. P. Ecological aspects of modern technologies. Sankt-Peterburg, Professiya Publ., 2019. 336 p. (In Russ.).
12. Zhang H., Liu G. Green Oxidation Processes in Fiber Extraction. *Green Chemistry*, 2023;25(1):140–155.
13. Sidorov P. I., Kozlova M. A. Biotechnology in the processing of bast crops: a tutorial. Sankt-Peterburg, Lan' Publ., 2022. 240 p. (In Russ.).
14. Liu Y., Patel A. K. Green Retting: Microbial and Enzymatic Approaches for Bast Fiber Processing. *Bioresource Technology Reports*, 2023;22:101456.
15. Yermakova L. N. Microbiological bases of processing plant raw materials. Moscow, Infra-M Publ., 2020. 256 p. (In Russ.).
16. Zhang H., Chen W. Enzymatic Retting of Hemp Fibers: Optimization and Fiber Properties. *Industrial Crops and Products*, 2021;171:113887.
17. Kumar A., Singh S. P. Cost Analysis of Enzyme-Assisted Extraction of Natural Fibers. *Journal of Cleaner Production*. 2022;379:134712.
18. Zaitsev V. A., Frolov S. V. Promising technologies for processing bioresources. Moscow, KolosS Publ., 2021. 320 p. (In Russ.).
19. Chen L., Passoni V. Steam Explosion Pretreatment of Hemp Stalks for Fiber Production: Impact on Fiber Properties. *Bioresource Technology*, 2022;344:126245.

20. Lebedev S. A., Voronova M. I. Method for producing thin bast fibers. Patent No 2687891. (In Russ.).
21. Timofeyeva G. A. The use of ultrasound in light industry technologies. Ivanovo, IGTU Publ., 2019. 200 p. (In Russ.).
22. Wang X., Li D. Synergistic Effect of Ultrasonic and Enzyme Treatment on Hemp Fiber Quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020;69:105253.
23. Medvedev P. O. Technique and technology of processing bast crops. Moscow, Agropromizdat Publ., 2018. 352 p. (In Russ.).
24. Johnson R., Müller C. Quality Assessment of Mechanically Decorticated Hemp Fibers for Composite Applications. *Journal of Natural Fibers*. 2021;18(5):654–665.
25. Kovalev A. A., Semyonova Ye. V. Combined methods of processing plant raw materials. Sankt-Peterburg, Khimiya Publ., 2022. 384 p. (In Russ.).
26. Smith J. P., Zhang L. Engineering Microbial Consortia for Efficient Retting of Hemp Fibers. *Nature Biotechnology*. 2023;41(2):44–51.
27. Evdokimov I. V. Utilization of agricultural waste: theory and practice. Sankt-Peterburg, Professiya Publ., 2021. 416 p. (In Russ.).
28. Müller Ch., Weber A. Biogas Production from Hemp Processing Wastewaters: A Feasibility Study. *Renewable Energy*. 2022;195:502–512.
29. Petrov K. L. Automation of technological processes in biotechnology. Moscow, Infra-M Publ., 2020. 320 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 28.10.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. С. Парсанов, кандидат технических наук, доцент
Д. В. Тунцев, доктор технических наук, профессор
И. В. Красина, доктор технических наук, доцент
Н. В. Тихонова, доктор технических наук, доцент

Научная статья

УДК 004.94, 519.876.5, 678.02

EDN LPOJCP

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-49-58>

Илья Владимирович Магнитский¹

Елена Сергеевна Сергеева²

Вадим Валерьевич Кулев³

Сергей Владимирович Палочкин⁴

^{1,2,3} Акционерное общество «Композит», г. Королев, Россия

⁴ Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

¹ soleylju@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6956-4347>

² Sergeeva.S.Elena@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6496-6010>

³ vadimkulevv@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-3149-4974>

⁴ palnigs@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-6192-0243>

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ УУКМ НА ОСНОВЕ КАРКАСОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДАМИ НАМОТКИ И ВЫКЛАДКИ ТКАНИ

Аннотация. Представлены результаты численного анализа с использованием разработанной имитационной модели производственной линии по изготовлению углерод-углеродных композиционных материалов с осесимметричной схемой армирования и комбинированной матрицей. Установлено влияние количества оборудования на каждом этапе технологического процесса, что позволило выявить его «узкие места». Предложено необходимое количество оборудования, используемого в технологическом процессе, для минимизации влияния конкуренции различных типов изготавливаемой продукции на суммарное время выполнения технологического процесса. Проиллюстрировано перестроение модели при введении более приоритетного плана изготовления продукции.

Ключевые слова: цифровой двойник, модель производства, углерод-углеродный композиционный материал, осесимметричная схема армирования, комбинированная матрица, имитационная модель, производственная линия

Благодарности: работа выполнена в рамках соглашения от 04.12.2023 № 41/12-23 о предоставлении Гранта Правительства Московской области в сферах науки, технологии и инноваций.

Для цитирования: Имитационная модель производственной линии по изготовлению УУКМ на основе каркасов, изготовленных методами намотки и выкладки ткани / И. В. Магнитский, Е. С. Сергеева, В. В. Кулев, С. В. Палочкин // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 49–58. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-49-58>.

Original article

Ilya V. Magnitsky¹

Elena S. Sergeeva²

Vadim V. Kulev³

Sergey V. Palochkin⁴

^{1,2,3} Joint-Stock Company “Kompozit”, Korolev, Russia

⁴ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

SIMULATION MODEL OF PRODUCTION LINE FOR THE MANUFACTURE OF CCCM BASED ON WINDING AND LAYING FRAMES

Abstract. The results of a numerical analysis using a developed simulation model of the production line for manufacturing carbon-carbon composite material with an axisymmetric reinforcement scheme and a combined matrix are presented. The impact of the quantity of equipment at each stage of the technological process was established, allowing to identify its “bottlenecks”. The necessary amount of equipment used in the technological process was proposed to minimise the influence of competition between different types of

manufactured products on the total duration of the technological process. The model restricting caused by the introduction of priority-based production schedule is illustrated.

Keywords: digital twin, production model, carbon-carbon composite material, axysimmetric scheme, combined matrix, simulation model, production line

Acknowledgements: the work was carried out under Agreement No 41/12-23 dated 04.12.2023 on the provision of a grant from the Government of Moscow Region in the fields of science, technology, and innovation.

For citation: Magnitsky I. V., Sergeeva E. S., Kulev V. V., Palochkin S. V. Simulation model of production line for the manufacture of CCCM based on winding and laying frames. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 49–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-49-58>.

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) обладают уникальными характеристиками [1], что позволяет их использовать для изделий в различных областях промышленности, например, энергетической и химической, а также легкой промышленности и т. д.

Однако изготовление УУКМ – весьма длительный, трудоемкий и ресурсоемкий процесс [2], и ошибки, допущенные при проектировании производств, крайне нежелательны, так как могут привести к значительным убыткам.

В таких условиях хорошо зарекомендовало себя применение цифровых двойников производства [3–8] – моделей, позволяющих имитировать интересующие аспекты реального производства, для решения задач проектирования оборудования и его объединения в участки, оценок возможности, сроков и затрат на выполнение тех или иных заказов, выявления узких мест технологии и путей их ликвидации, выбора стратегии управления производственными мощностями и других. Особенно широко цифровые двойники применяются в описании процессов информационной, машиностроительной, и агропромышленных отраслей [4, 6, 7, 9].

Для моделирования обычно используются подходы, основанные на моделях IDEF0 [10] и IDEF3 [11]. Первые имеют общий характер и применяются для описания процессов на предприятии в целом, описывая его деятельность как набор отдельных функций и их связей. Модели IDEF0 не предполагают подробного анализа частных функций и служат для проведения начального общего анализа систем. Модели IDEF3 имеют более низкий уровень и описывают последовательность операций, входящих в конкретный процесс.

Практическая реализация моделей IDEF3, как правило, представляет собой программное обеспечение в виде варианта конечного автомата, иногда осложненного дополнительными модулями. На рынке имеется ряд программных решений, предназначенных для создания и анализа моделей IDEF3 производств, например,

ProSim, ProCap, BpWin, All Fusion Process Modeler. Однако применение такого программного обеспечения требует большого количества исходных данных, часто практически недоступных в реальных условиях, что затрудняет проведение экспресс-анализа производств, требуя значительного времени подготовки и настройки моделей. При наличии компактного объекта моделирования зачастую целесообразна локальная реализация модели, учитывающая интересующие аспекты производства.

Настоящая статья посвящена разработке имитационной модели производства заготовок УУКМ на основе каркасов, изготовленных методами намотки и выкладки ткани.

В дальнейшем мы будем пользоваться следующими терминами. Под имитационной моделью (далее – модель) будем понимать комплексную сущность, абстрактным образом описывающую технологический процесс изготовления заготовок УУКМ. Минимальной структурной единицей модели является узел, способный получать, хранить, обрабатывать и передавать информацию о стадии технологического процесса, изготовленных/обработанных ресурсах другим узлам. Модель определяет направление взаимодействия узлов с возможностью учета приоритетности очереди выполнения плана – целевого показателя, подразумевающего количество заготовок УУКМ, удовлетворяющий определенным требованиям набор которых называется партией.

Результатом работы модели является суммарное время и необходимое количество ресурсов для выполнения заданного плана, а также перечень изготовленных продуктов и их партий.

Для учета реального времени выполнения важной характеристикой является состояние продукта, любое изменение которого регистрируется на временной линии, что позволяет формировать и отслеживать его историю. Также продукт имеет еще две характеристики, определяющие его состояние и регистрирующиеся на

временной линии: его номер и тип. Тип продукта задает характеристику, общую для части продуктов, например, размер заготовки, количество ресурса, необходимого для ее изготовления, стадии технологического процесса и их последовательность и т. д. Таким образом, тип продукта позволяет группировать их по выбранному общему признаку.

Важным элементом модели является наличие буфера – итогового склада готовых продуктов различного типа, куда они попадают в конце цикла их изготовления. Использование этой сущности позволяет формировать партии продуктов согласно шаблону партии, определяемому текущим планом и являющемуся списком пар «тип продукта – количество продуктов в партии». Продукты и партии являются объектами модели, инициализация, обработка и хранение которых обеспечивают узлы модели.

Каждый узел модели имеет различное поведение в зависимости от его функции: изменение состояния продукта, его хранение, временная задержка для имитации отдельных операций, например контрольных. Множество поведения узлов определяют введенные их классы, наследуемые от базового. Базовый класс предоставляет стандартную реализацию интерфейса взаимодействия узлов, которую подклассы при необходимости переопределяют для описания своего поведения. Единый интерфейс взаимодействия позволяет другим узлам получать информацию о состоянии текущего узла, не заботясь о его реализации.

Базовый класс узла для каждого своего подкласса включает объект статистики узла, предназначенный для ведения учета его состояния на всей временной линии. Состояние также содержит информацию о количестве продуктов заданного типа на выходе из узла, количестве готовых партий в узле, количестве израсходованного сырья.

При запуске модели выполнение программы входит в цикл, на каждом шагу которого происходит формирование контекста цикла.

Контекст цикла необходим для представления узлам модели следующей информации: текущее время работы модели; время, прошедшее с момента последнего цикла; приоритетная очередь планов модели.

В ходе цикла каждый узел может уведомить о наличии работы с передачей значения времени, оставшегося до ее окончания. По окончании цикла результатом является минимальное значение из переданных, которое соответствует ближайшему событию окончания работ. Полученное значение используется для вычисления времени следующего цикла. Если ни

один узел не сообщил о проведении работ в ходе последнего цикла, выполнение программы выходит из цикла и работа модели заканчивается.

В ходе работы модели каждый узел стремится к следованию стратегии быстрейшего формирования следующей партии. Для этого узлы, отвечающие за обработку продуктов, перед выбором объекта обработки собирают информацию об имеющемся количестве продуктов в следующих узлах модели. На основе этой информации и данных о текущем более приоритетном, но не выполненном плане узел-обработчик определяет тип или типы продуктов, единиц которых не хватает для формирования следующей партии. В случае если предыдущие узлы могут предоставить потребное количество продуктов заданного типа, узел-обработчик захватывает продукты и начинает процесс обработки. В противном случае узел-обработчик входит в режим ожидания продуктов необходимого типа.

Для учета индивидуального технологического цикла для каждого типа продуктов в модели введены узлы-распределители, которые направляют полученный продукт в соответствующую ветвь модели. Ветвь представляет собой совокупность узлов, в пределах которой происходит производство или обработка продуктов одного типа или группы типов.

Заметим, что узлы в различных ветвях модели могут разделять одну и ту же единицу оборудования. После начала работы одного узла происходит блокировка единицы оборудования, что не позволяет другим узлам, разделяющим эту единицу, начать собственный процесс. Таким образом, перед началом работы узел-обработчик, помимо ветви, в которой он находится, учитывает параллельные ветви, в которых находятся узлы, разделяющие с ним единицу оборудования. В связи с выбранной стратегией единицы оборудования резервируются для узлов, которые обрабатывают типы продуктов, экземпляров которых не хватает для следующей партии.

Для демонстрации работы представленной модели выбран следующий пример технологического процесса [12] производства заготовок УУКМ (табл. 1). В качестве данных о ресурсах использована следующая гипотетическая информация: длина углеродной ткани составляет 50 м, а ширина 1,5 м; количество углеродной ткани для единицы продукта в зависимости от его типа представлено в таблице 2; количество существующего в цехе оборудования представлено в таблице 3. Схема технологического процесса приведена на рисунке 1. В качестве партии продуктов рассматривался набор из 1 заготовки типа А, 1 заготовки типа В и 1 заготовки типа С.

Т а б л и ц а 1

Операции, последовательность и загрузка оборудования для производства заготовок

№ п/п	Операция/оборудование	Время работы, ч, для заготовок типа			Максимальное число продуктов, для заготовок типа		
		А	Б	В	А	Б	В
1	Шитье	-	-	20	-	-	1
2	Иглопробивной станок	15	5	-	1	1	-
3	Рентгеноскопическая система контроля	1	1	-	1	1	-
4	Установка для газозафазного уплотнения	100	90	60	5	5	2
5	Мехобработка	-	-	8	-	-	1
6	Рентгеноскопическая система контроля	1	5	1	1	1	1
7	Мехобработка	5	1	-	1	1	-
8	Установка высокотемпературной обработки (ВТО)	80	80	-	2	2	-

Т а б л и ц а 2

Размеры углеродной ткани для единицы продукта

Тип продукта	Длина, м	Ширина
Заготовка типа А	25	1/3 от ширины полотна
Заготовка типа В	10	1/3 от ширины полотна
Заготовка типа С	15	1/1 от ширины полотна

Т а б л и ц а 3

Количество единиц оборудования

Оборудование/операция	Количество единиц
Иглопробивной станок	1
Шитье	1
Установка для газозафазного уплотнения	2
Установка ВТО	2

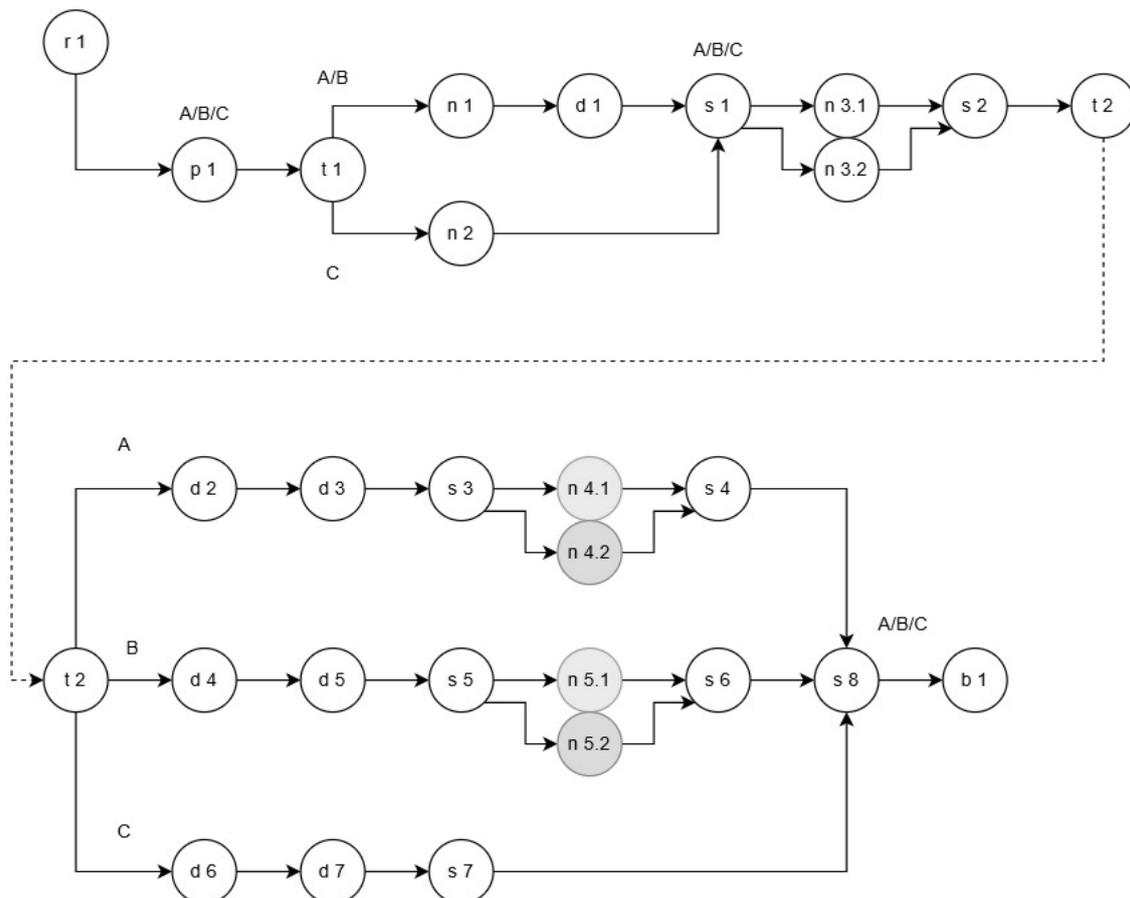


Рис. 1. Процесс, описанный с использованием разработанной модели

На рисунке 1 отражены узлы следующих типов:

- г – узел условно бесконечного источника ресурсов, позволяющего получить потребное количество сырья для всей очереди планов;
- р – узел инициализации продуктов, создающий объекты продуктов при необходимости;
- t – узел распределения продуктов, направляющий продукты в ветви, зависящие от типа этих продуктов;
- п – узел обработки продуктов;
- d – узел рентгенконтроля качества продуктов;
- s – узел временного хранилища продуктов;
- b – узел формирования партий из продуктов.

Работа оборудования на рисунке 1 изображена следующим образом:

- п 1 – иглопробивной станок;
- п 2 – шитье;
- п 3.1 и п 3.2 – 1 и 2 экземпляр установки для газофазного уплотнения соответственно;
- п 4.1 и п 4.2 – 1 и 2 экземпляр установки ВТО соответственно;
- п 5.1 и п 5.2 – 1 и 2 экземпляр установки ВТО соответственно.

Для выбора целевого количества партий в плане проведено исследование зависимости среднего периода изготовления единицы партии (такта) от количества партии в плане. В результате проведенного исследования установлено, что приблизительно с 20-й партии средний период изготовления единицы партии от количества партий в плане не зависит и выходит на асимптоту. В связи с этим принято решение исследовать поведение модели и ее результаты с планом изготовления 20 партий.

Для удобства отображения на графиках введены следующие обозначения оборудования: иглопробивной станок – I, шитье – II, установки для газофазного уплотнения № 1 и № 2 – III и IV соответственно, установка ВТО № 1 и № 2 – V и VI соответственно.

На рисунках 2–4 представлены примеры зависимостей количества заготовок заданного типа от времени. Кривые графиков соответствуют изменению количества заготовок в буферных хранилищах. Метки под кривыми соответствуют моментам начала и конца работ единиц оборудования.

В результате моделирования установлено, что процесс изготовления заготовок УУКМ по выбранному плану длится 43 дня с момента начала работ. При этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что из-за необходимости одновременной обработки значительного количества единиц полуфабрикатов в установках для газофазного уплотнения необходимо формирование и накопление на складе партий материала, выходящих с производства одновременно, что нарушает ритмичность. Этот же фактор приводит и к необходимости накопления на складах готовых полуфабрикатов перед процессом высокотемпературной обработки.

Также с использованием разработанной модели исследована зависимость длительности процесса изготовления заготовок УУКМ по выбранному плану от количества единиц оборудования. Результаты этого исследования представлены в таблицах 4 и 5.

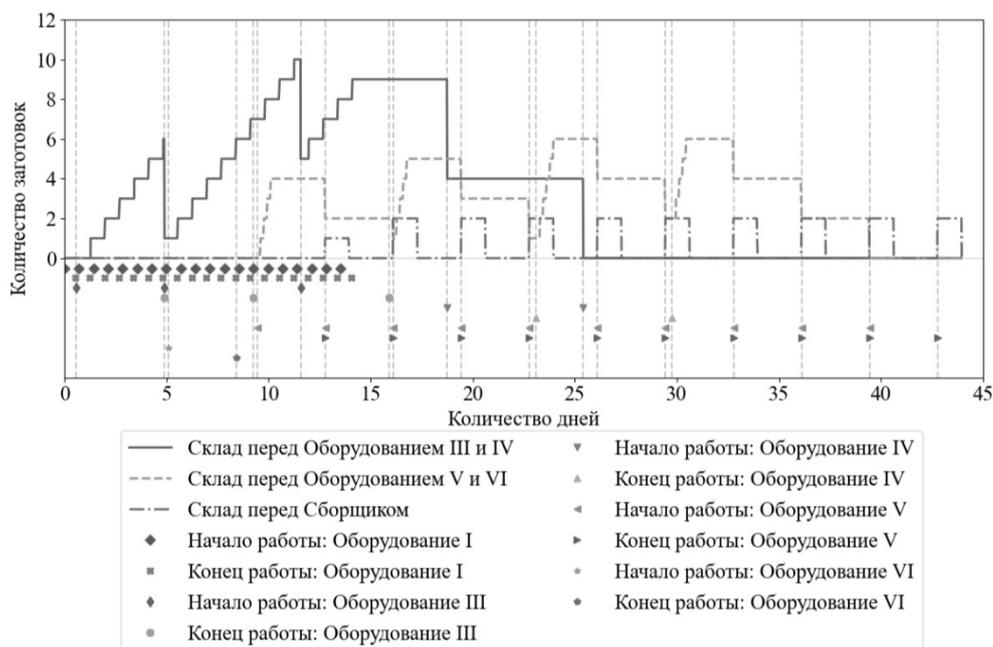


Рис. 2. Цикл производства заготовок типа А

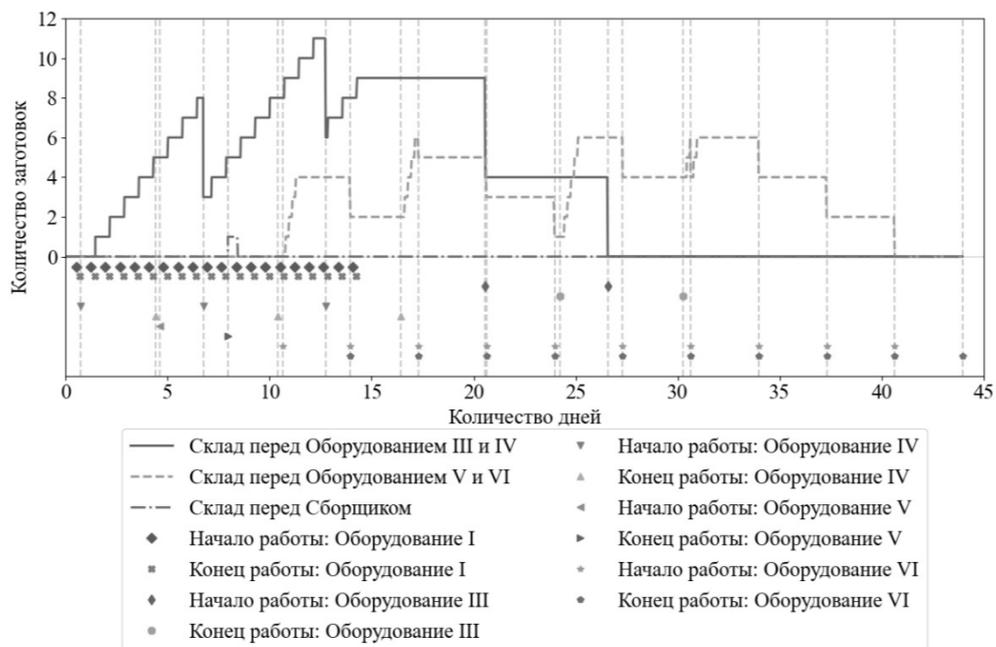


Рис. 3. Цикл производства заготовок типа В

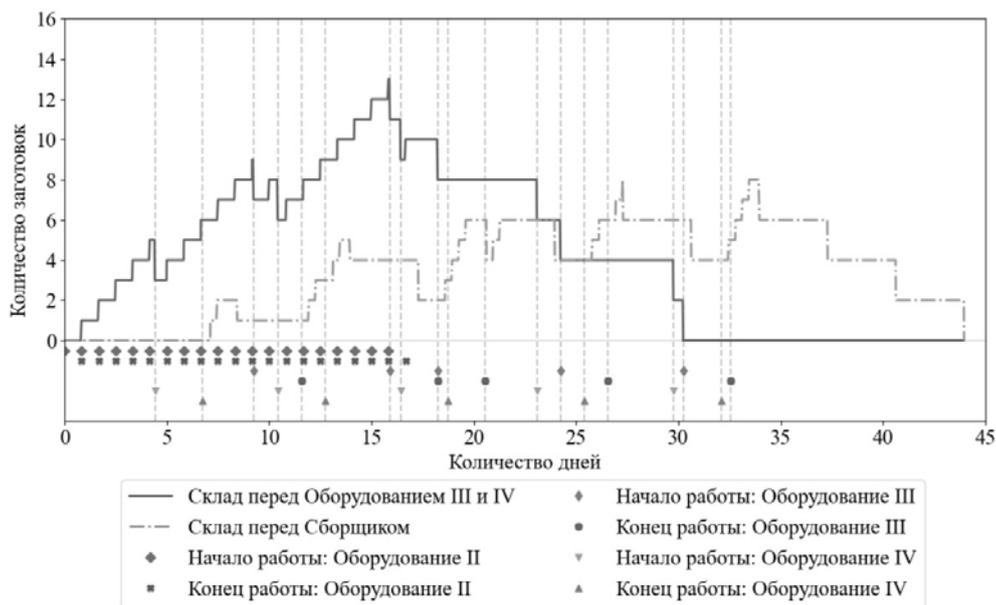


Рис.4. Цикл производства заготовок типа С

Т а б л и ц а 4

Зависимость длительности процесса изготовления заготовок УУКМ от количества установок для газофазного уплотнения

Количество оборудования	Время работы, дни
1	63
2	43
3	41
4	41

Т а б л и ц а 5

Зависимость длительности процесса изготовления заготовок УУКМ от количества установок ВТО

Количество оборудования	Время работы, дни
1	77
2	43
3	37

Как видно из данных, представленных в таблицах 4 и 5, наибольшее влияние на длительность процесса изготовления заготовок оказывает количество установок ВТО, следовательно, можно сделать вывод, что именно этот тип оборудования и является «узким местом», так как за него конкурируют заготовки нескольких типов. Было бы логичным в этом случае предположение о необходимости введения дополнительных единиц установок ВТО, однако даже при увеличении этого количества в 3 раза выигрыш по времени изготовления заготовок не превышает 20% при существенном удорожании технологического процесса.

Отдельно стоит отметить, что при сопоставимом с установками ВТО времени работы, но существенно большем объеме загрузки, количество установок для газофазного уплотнения, большее трех единиц, при выбранном количестве остального оборудования не влияет на длительность процесса изготовления заготовок.

Также установлено, что влияние количества единиц оборудования иглопробивного станка и шитья на длительность процесса изготовления заготовок УУКМ по выбранному плану незначительно.

Таким образом, анализ подбора параметров модели показывает, что из-за различной производительности оборудования, применяемого на каждой стадии технологического процесса, для минимизации влияния узких мест

производственного цикла с учетом стоимости единицы оборудования необходимо придерживаться соотношения наличных единиц этого оборудования, приведенного в таблице 5.

Наличие различных видов одновременно изготавливаемых заготовок материалов требует формулирования стратегии выбора порядка их изготовления при наличии конкуренции за единицы оборудования. Поскольку в работе рассмотрена ситуация комплектной поставки заготовок, наиболее целесообразной является стратегия, связанная с максимизацией выпуска именно количества комплектов за небольшие промежутки времени. Таким образом, выбор способа загрузки оборудования зависит от того, каких единиц заготовок недостаточно для формирования комплектов. Также необходимо заметить, что для операций, расположенных в середине технологического процесса, количество заготовок каждого вида следует определять на стадиях, непосредственно за ними следующих.

При возникновении вновь создаваемых заданий на изготовление партий какой-то конкретной заготовки УУКМ их изготовление может проходить с повышенным приоритетом.

С целью демонстрации перестройки модели технологического процесса при изменении очереди планов (рис. 7–9), на 18 дне в исходную модель введен новый более приоритетный план, требующий 15 партий, каждая из которых состоит из одной заготовки типа А.

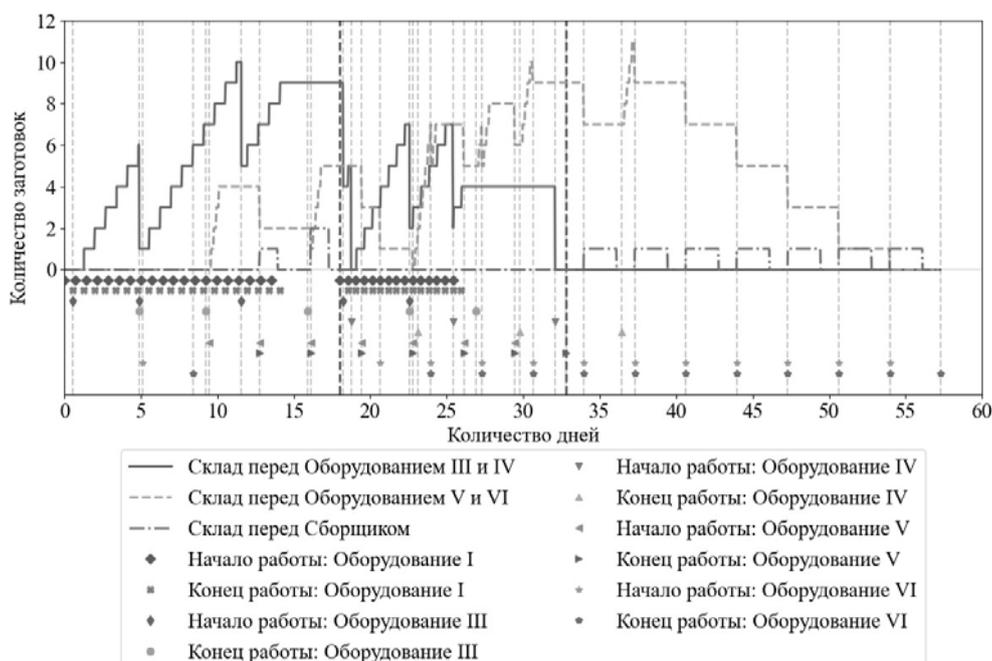


Рис. 7. Измененный цикл производства заготовок типа А

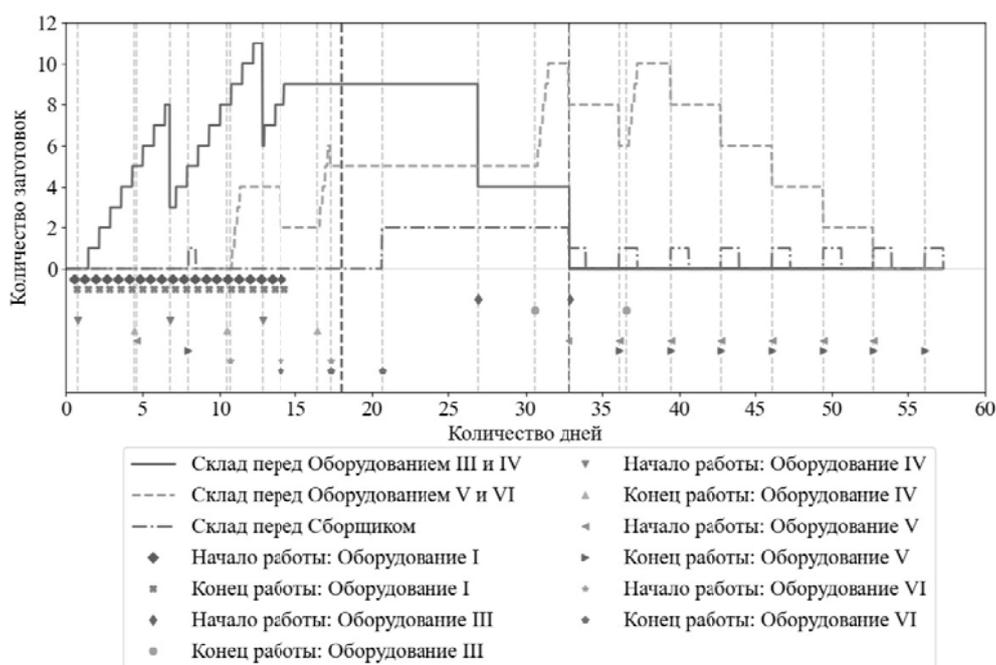


Рис. 8. Измененный цикл производства заготовок типа В

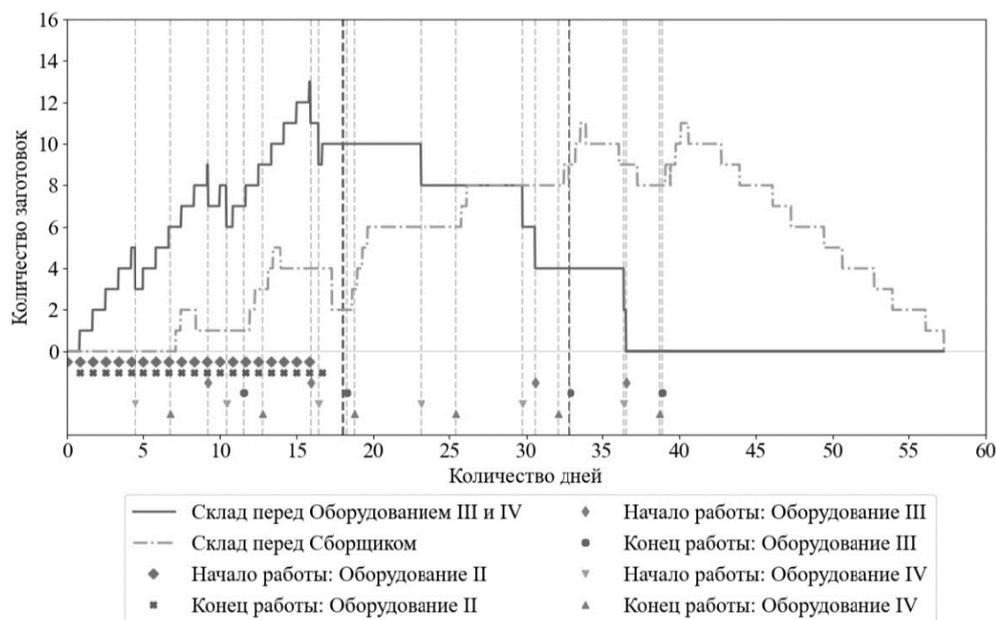


Рис. 9. Измененный цикл производства заготовок типа С

Как видно из рисунков 7–9, введение более приоритетного плана изготовления заготовок вносит существенные изменения в технологический процесс производства в целом, что негативно влияет на его выполнение. Для снижения степени этого влияния необходимо создание резервных полуфабрикатов каждой степени готовности, что повышает устойчивость производства в целом, сокращает возможные сроки изготовления продукции по вновь создаваемым заказам, снижает риски срыва сроков в случае выхода из строя отдельных единиц оборудования и перебоев с поставками сырья и оснасток. Создавать такие резервы целесооб-

разно в условиях подготовки производства до выхода на ритмичность и восстанавливать по мере возможности.

В работе предложена имитационная модель производственной линии по изготовлению УУКМ с осесимметричной схемой армирования и комбинированной матрицей. С использованием численного моделирования исследована зависимость длительности технологического процесса от сочетания количества различных типов оборудования, выявлены его «узкие места» и определено количество единиц оборудования, применяемого на каждой стадии технологического процесса, позволяющее минимизировать

влияние «узких мест» на производственный цикл с учетом стоимости единицы оборудования. Также на примере наличия более приори-

тетного плана производства проиллюстрирована перестройка модели технологического процесса при изменении очереди планов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Morgan P. Carbon Fibers and their Composites. Boca Raton : CRC Press, 2005. 1131 p.
2. Модель внутренних напряжений в заготовках углерод-углеродных композиционных материалов на основе иглопробивных каркасов, изготовленных методом намотки ткани / И. В. Магнитский, М. В. Магнитская, Д. А. Цветков, М. А. Любченко, С. В. Палочкин // Технологии и качество. 2024. № 4. С. 47–54.
3. Соколов Ю. А., Гусев С. А. Производственные системы с цифровым двойником // Металлообработка. 2020. № 5-6. С. 53–67.
4. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности : монография / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. СПб. : Политех-Пресс, 2022. 492 с.
5. Wang Y., Tao F., Zuo Y. Digital-twin-enhanced quality prediction for the composite materials // Engineering. 2023. № 2. P. 23–33.
6. Smith J. K., Dickinson C. Discrete-event simulation and machine learning for prototype composites manufacture lead time predictions // Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference. Singapore, 2022. P. 1695–1706
7. Steringer R., Zorner H., Zambal S., Eitzinger C. Using discrete event simulation in multiple system life cycles to support zero-defect composite manufacturing in aerospace industry // IFAC Papers On Line. 2019. Vol. 52, no 13. P. 1467–1472.
8. A hierarchical composite framework of parallel discrete event simulation for modelling complex adaptive systems / F. Zhu, Y. Yao, W. Tang, J. Tang // Simulation modelling practice and theory. 2017. No 77. P. 141–156.
9. Lapuente G. A., Avinzano P. M., Castillo M. P. L. Methodologies in digital twin for manufacturing industry: A systematic literature review // Future generation computer systems. 2025. No 174. URL: https://www.researchgate.net/publication/393424086_Methodologies_in_digital_twin_for_manufacturing_industry_A_systematic_literature_review (дата обращения: 10.09.2025).
10. РД IDEF 0 – 2000. Методология функционального моделирования IDEF0 : руководящий документ. М. : Госстандарт России, 2000. 75 с.
11. Бритов Г. С. Метод формального описания PFDD-диаграмм IDEF3-технологии // Моделирование систем и процессов. 2014. № 2. С. 25–32.
12. Бушуев В. М., Мусин Р. К., Синани И. Л. Закономерности пироуплотнения тканопрошивных углеродных каркасов в термоградиентном режиме для изготовления герметичных конструкций // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 1. С. 125–130.

REFERENCES

1. Morgan P. Carbon Fibers and their Composites. Boca Raton, CRC Press, 2005. 1131 p.
2. Magnitsky I. V., Magnitskaya M. V., Tsvetkov D. A., Lyubchenko M. A., Palochkin S.V. Model of internal stress in blanks of carbon-carbon composite materials based on needle-punched frameworks manufactured by the fabric winding method. *Tehnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;4(66):47–54. (In Russ.)
3. Sokolov Y. A., Gusev S. A. Industrial systems with digital twin. *Metallrobrabotka* [Metalworking]. 2020;5-6:53–67. (In Russ.)
4. Boroikov A. I., Ryabov Yu. A., Shcherbina L. A. et al. Digital twins in the high-technology manufacturing industry. Saint-Peterburg, POLITECH-PRESS Publ., 2022. 492 p. (In Russ.)
5. Wang Y., Tao F., Zuo Y. Digital-twin-enhanced quality prediction for the composite materials. *Engineering*. 2023;2:23–33.
6. Discrete-event simulation and machine learning for prototype composites manufacture lead time predictions. Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference. Singapore, 2022. P. 1695–1706.
7. Steringer R., Zorner H., Zambal S., Eitzinger C. Using discrete event simulation in multiple system life cycles to support zero-defect composite manufacturing in aerospace industry. IFAC Papers On Line. 2019;52,13:1467– 472.

8. Zhu F., Yao Y., Tang W., Tang J. A hierarchical composite framework of parallel discrete event simulation for modelling complex adaptive systems. *Simulation modelling practice and theory*. 2017;77: 141–156.
9. Lapuente G. A., Avinzano P. M., Castillo M. P. L. Methodologies in digital twin for manufacturing industry: A systematic literature review. *Future generation computer systems*. 2025;174. URL: https://www.researchgate.net/publication/393424086_Methodologies_in_digital_twin_for_manufacturing_industry_A_systematic_literature_review (дата обращения: 10.09.2025).
10. RD IDEF 0 – 2000. Metodologiya funktsional'nogo modelirovaniya IDEF0. Moscow, Gosstandart Rossii, 2000. 75 p. (In Russ.)
11. Britov G. S. A method for formally describing IDEF3-technology PFDD diagrams *Modelirovanie sistem i processov* [Modeling of systems and processes]. 2014;2:25–32. (In Russ.)
12. Bushuev V. M., Musin R. K., Sinani I. L. Patterns of pyro-sealing of fabric-stitched carbon frames in a thermogradient mode for the manufacture of hermetic structures. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region]. 2012;1:125–130. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 28.10.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

И. В. Магнитский, кандидат технических наук, доцент
Е. С. Сергеева, кандидат физико-математических наук
В. В. Кулев, инженер
С. В. Палочкин, доктор технических наук, профессор

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.1+673

EDN GKWHHW

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>

Сергей Ильич Галанин¹

Артём Алексеевич Романов²

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

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

² romanovart777@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3744-3740>

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ И БИЖУТЕРИИ

***Аннотация.** Рассмотрены нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия на традиционных и нетрадиционных металлах и сплавах, используемые при изготовлении ювелирных украшений и бижутерии. К нетрадиционным отнесены, во-первых, декоративные покрытия, которые стали широко применяться при изготовлении ювелирных изделий и бижутерии в последние десятилетия, во-вторых, традиционные покрытия, технология формирования и декоративные свойства которых в последнее время подверглись существенной модернизации. Рассмотрены конверсионные покрытия на поверхности серебра, алюминия, титана, ниобия, неметаллические напыленные покрытия на поверхности вольфрама, кобальта, молибдена и ряда их сплавов, технология их формирования или нанесения. Показано, что рассмотренные покрытия отличаются высоким дизайнерским потенциалом и достаточно технологичны. Приведены примеры украшений с использованием разнообразных покрытий, обладающих богатой цветовой гаммой.*

***Ключевые слова:** нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия, ювелирные изделия и бижутерия, традиционные и нетрадиционные металлы и сплавы, цветовые свойства покрытий, механические и антикоррозионные свойства покрытий, технология формирования конверсионных покрытий, технология напыления неметаллических покрытий, дизайн*

***Для цитирования:** Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные декоративные неметаллические покрытия ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 59–65. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>.*

Original article

Sergey I. Galanin¹

Artem A. Romanov²

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

NON-TRADITIONAL DECORATIVE NON-METALLIC COATINGS FOR JEWELLERY AND COSTUME JEWELLERY

***Abstract.** Non-traditional decorative non-metallic coatings on traditional and non-traditional metals and alloys used in the manufacture of jewellery and costume jewellery are considered. The non-traditional ones include, firstly, decorative coatings, which have been widely used in the manufacture of jewellery and costume jewellery in the recent decades, and secondly, traditional coatings, the technology of forming and decorative properties of which have recently undergone significant modernisation. Conversion coatings on the surfaces of silver, aluminum, titanium, niobium, non-metallic sprayed coatings on the surfaces of tungsten, cobalt, molybdenum and a number of their alloys, the technology of their formation or application are considered. It is shown that the considered coatings are characterised by high design potential and are*

quite techno-technological. Examples of decorations with the use of various coatings with a rich colour range are given.

Keywords: non-traditional decorative non-metallic coatings, jewellery and costume jewellery, traditional and non-traditional metals and alloys, colourproperties of coatings, mechanical and anticorrosive properties of coatings; conversion coatings formation technology, technology of spraying non-metallic coatings, design

For citation: Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional decorative non-metallic coatings for jewellery and costume jewellery. Technologies & Quality. 2025. No 4(70). P. 59–65. (InRuss.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-59-65>.

В последние годы существенно расширился ассортимент украшений с использованием нетрадиционных металлов – титана, алюминия, ниобия, молибдена, кобальта, вольфрама. Первые три металла обладают свойствами, позволяющими формировать на их поверхности разнообразные конверсионные покрытия, характеризующиеся привлекательными и необычными декоративными качествами. Все эти металлы, кроме алюминия, при этом обладают и высокой гипоаллергенностью. Из традиционных металлов конверсионные покрытия можно формировать на поверхности серебра, меди и сплавов на их основе. Широкая цветовая гамма конверсионных покрытий позволяет современным дизайнерам ювелирных изделий и бижутерии (ЮИиБ) решать многие художественные задачи значительно более простыми и дешевыми приемами по сравнению с ранее используемыми [1–25].

Поверхности украшений из ряда тугоплавких металлов – молибдена, кобальта, вольфрама и их сплавов обладают благородным и привлекательным стальным цветом. Конверсионные покрытия на них при изготовлении украшений не формируют, зато часто наносят весьма экзотические цветные неметаллические покрытия в виде различных соединений металлов напылением в газовой среде [26, 27].

Нетрадиционные декоративные покрытия и материалы. Нами проанализирована номенклатура декоративных покрытий на различных материалах, применяемых при изготовлении ЮИиБ [1–25]. Нетрадиционными будем считать, во-первых, декоративные покрытия, которые стали широко применяться при изготовлении ЮИиБ в последние десятилетия, а во-вторых, традиционные покрытия, технология формирования и декоративные свойства которых в последнее время подверглись существенной модернизации [24, 25]. К нетрадиционным материалам и элементам в ювелирных украшениях будем относить те, применение которых по разным причинам ограничено; к нестандартным – материалы и элементы, кото-

рые никогда не относились и не относятся к ювелирным [28].

К нетрадиционным неметаллическим покрытиям на поверхности металлических ЮИиБ можно отнести:

- 1) цветные конверсионные покрытия на поверхности серебра и сплавов на его основе [11, 13, 15, 16, 29], хотя в настоящее время предприятия в подавляющем большинстве выпускают украшения из серебра с чернением, выполненным по традиционной технологии (рис. 1, а);
- 2) цветные конверсионные покрытия на поверхности титана и сплавов на его основе [20, 21] (рис. 1, б), а также ниобия (рис. 1, в);
- 3) окрашенные оксидные покрытия на поверхности алюминия и сплавов на его основе применительно к ювелирным украшениям [6] (рис. 1, г);
- 4) окрашенные оксидные покрытия с переходом цвета и градацией интенсивности окраски применительно к бижутерии [22, 23] (рис. 1, д);
- 5) напыленные цветные покрытия на таких нетрадиционных металлах, как вольфрам, кобальт, молибден [26, 27] (рис. 1, е, ж).

Первые покрытия могут формироваться электрохимическим, химическим способами, а чернение дополнительно и при использовании обжиговых паст. Вторые – электрохимическим, химическим или термическим способами. Третьи и четвертые – электрохимическим способом с последующим окрашиванием водо- или спирторастворимыми красителями. Пятые – напылением в газовой среде при высоких температурах.

Цветные конверсионные покрытия на поверхности серебра

Проведенные ранее исследования показали возможность химического формирования цветных конверсионных покрытий на поверхности серебра 925 пробы в водном электролите следующего состава: гипосульфит натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 220...240 г/л; лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ – 25...30 г/л; уксуснокислый свинец $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 20...25 г/л. При различной продолжительности обработки формирует-

ся покрытие чередующихся цветов (рис. 2). Повышение температуры электролита ускоряет процесс [11].

Для повышения долговечности пленок их рекомендуется покрывать бесцветным цапонлаком. Оттенки цветов зависят от шероховатости поверхности и от тепловой температуры освещения.

В последнее время в связи с популярностью стиля авангард в ЮИиБ, который, в частности, характеризуется яркой разнообразной цветовой гаммой, такая технология формирования цветных покрытий становится более востребованной. Однако альтернативу ей составляет нанесение различных полимерных покрытий, получившее широкое распространение в последние годы.



Рис. 1. Украшения с нетрадиционными неметаллическими покрытиями:
a – кольцо из черного серебра 925 пробы с фианитами от *Sokolov*;
б – кольцо из анодированного титана с бриллиантами от *Wallace Chan*;
в – украшения из анодированного ниобия для пирсинга;
г – брошь-цветок из алюминия с сапфирами и бриллиантами от *Hemmerle*;
д – серьги со сменными оксидированными алюминиевыми пластинами, декорированными адсорбционным окрашиванием [22];
е, ж – кольца из карбида вольфрама американского бренда *American Tungsten* с напылением «хамелеон» из оксида титана (*е*) и нитрида титана – алюминия (*ж*) [26] (изображения из открытых источников)

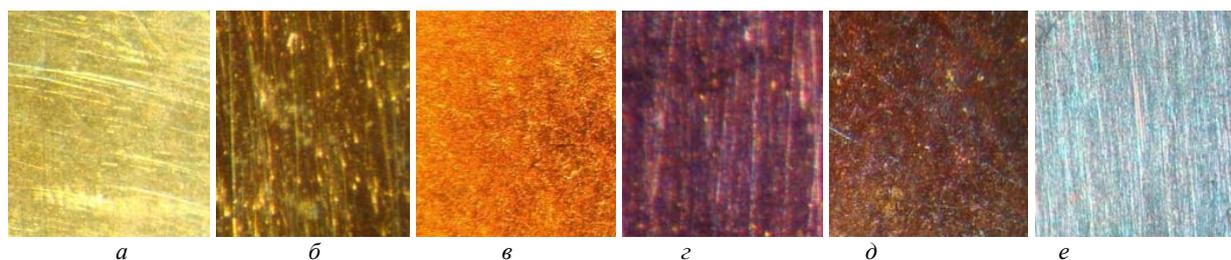


Рис. 2. Цветные конверсионные пленки на серебре*:
a – лимонно-желтый; *б* – желто-оранжевый; *в* – оранжево-малиновый;
г – малиновый; *д* – фиолетовый; *е* – голубой

Цветные конверсионные покрытия на поверхности титана и ниобия

Титан в ЮИиБ стал широко использоваться несколько лет назад, хотя многие ювелирные бренды и мастера с успехом применяют этот легкий металл на протяжении многих десятилетий, например *JAR* и *WallaceChan* [6, 18, 19]. На поверхности титана относительно легко

формируются оксидные пленки широкой цветовой гаммы, поэтому этот факт часто используется дизайнерами при создании современных украшений [6, 20, 21].

Ниобий менее распространенный материал в ЮИиБ. Он дороже титана, более тугоплавкий, однако, весьма пластичен, легко сваривается, и анодные пленки на его поверхности обладают более ярким и насыщенным цветом по сравнению с пленками на поверхности титана.

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

Окрашенные оксидные покрытия на поверхности алюминия в ювелирных украшениях

Использование алюминия в совокупности с драгоценными металлами и сплавами позволяет принципиально облегчить вес крупногабаритных украшений, использовать окрашенные поверхности больших площадей, создание которых малозатратно и технологически не сложно (рис. 1, з) [6]. Кроме того, применение нетривиальных материалов и покрытий находится в тренде современной моды.

Окрашенные оксидные покрытия с переходом цвета и градацией интенсивности окраски в бижутерии

Использование цветовых эффектов на поверхности окрашенного алюминия характерно в основном для бижутерии, при создании кото-

рой в настоящее время фантазия дизайнеров ничем не ограничивается [30].

На рисунке 3 представлены варианты окраски оксидных покрытий на алюминии, сформированных в результате электролиза в водном растворе 20 % концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Окрашивание происходит за счет адсорбции молекул красителя в порах оксидного слоя. Интенсивность окраски можно уменьшать при помощи ее частичного или полного обесцвечивания в отбеливающих растворах [22, 23].

Такие сложные переходы цветов с различной интенсивностью, любые рисунки на оксидированной поверхности позволяют проектировщику современной бижутерии создавать изделия уникального дизайна.

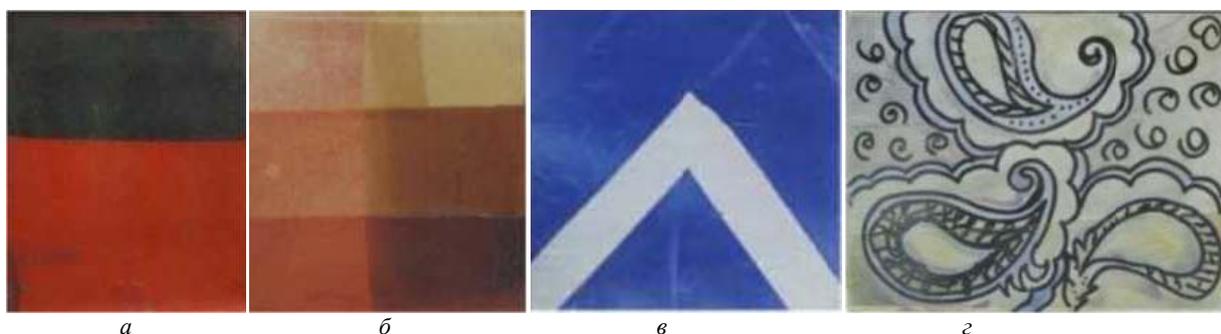


Рис. 3. Окрашенные электрохимически сформированные оксидные покрытия с использованием различных технологических приемов на поверхности алюминия:

а, б, в – водорастворимыми красителями с использованием защитных масок;
г – спирторастворимыми красками (фломастерами) [22, 23]

Напыленные цветные покрытия на вольфраме, кобальте, молибдене

Вследствие хрупкости, украшения изготавливаются не из чистого вольфрама, а его карбида методом порошковой металлургии, т. е. изделия спекают из порошка при повышенном давлении и температуре. Это соединение обладает повышенной твердостью и износостойкостью, так как в виде порошка используется в качестве абразива. Он устойчив к окислению и к коррозии.

Также для производства изделий используется кобальт и сплав кобальт – хром. Блеск (его отражательная способность составляет 65 %) отполированного кобальта значительно выше, чем у традиционных металлов. По цвету кобальт близок к платине или белому золоту, кроме того, он устойчив к окислению и гипоаллергенен.

Поверхности молибдена, вольфрама и их сплавов обладают серыми оттенками, хотя и весьма привлекательного, «благородного» вида. Поэтому при изготовлении украшений их могут улучшать цветными покрытиями, форми-

руемыми напылением. Эти покрытия заимствованы из промышленности, где их используют для упрочнения кромок режущего инструмента из-за их высокой твердости и износостойкости. Цвета этих покрытий не очень разнообразны: нитрид титана TiN – золотой, карбонитрид циркония $ZrCN$ – бледно-золотой, нитрид циркония ZrN – цвет белого золота, карбо-нитрид титана $TiCN$ – серо-голубой, нитрид титана – алюминия $AlTiN$ – темно-фиолетовый, оксид титана TiO – «хамелеон» (см. рис. 1, е, ж) [26].

Заключение. При использовании нетрадиционных конверсионных и неметаллических покрытий на поверхности традиционных и нетрадиционных металлов при изготовлении ювелирных изделий и бижутерии можно обеспечить значительный диапазон цветов и добиться привлекательного и необычного дизайна украшений. Современные украшения отличаются постоянно расширяющимся ассортиментом используемых материалов и покрытий, что позволяет дизайнерам решать новые, ранее недоступные задачи, значительно расширяя горизонт их творчества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства : учеб. пособие / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
2. Галанин С. И., Лебедева Т. В. Защитно-декоративные покрытия в ювелирном производстве : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 150 с.
3. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
4. Галанин С. И. Ювелирно-художественные технологии: декоративная электрохимическая и химическая обработка поверхности металлов и сплавов // Мир гальваники. 2017. № 4(38). С. 45–51.
5. 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.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственный университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
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. Декоративная электрохимическая и химическая обработка поверхности ювелирно-художественных сплавов // Научный вестник КГТУ. 2014. № 2. С. 3. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025).
9. Галанин С. И., Висковатый И. С., Гладий Ю. П. Декоративное электро-химическое анодирование поверхности сплава серебра 925 пробы // Технология художественной обработки материалов : сб. тр. XVIII Всерос. науч.-практ. конф. и смотра-конкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей / Костромской гос. технол. ун-т ; под ред. С. И. Галанина. Кострома, 2015. С. 56–65.
10. Grishina E. P., Galanin S. I., Ivanova O. A. Fundamental aspects of film formation in electrochemical polishing of silver and silver-copper alloys in thiosulfate solutions // Russian Journal of Applied Chemistry. 2004. Vol. 77, no 8. P. 1283–1286.
11. Галанин С. И., Галамий Ю. В. Исследование формирования цветных конверсионных плёнок на поверхности серебра // Дизайн. Теория и практика. 2010. № 5. С. 86–99.
12. Галанин С. И., Висковатый И. С. Оксидирование и чернение ювелирных изделий из серебра // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 20–28.
13. Галанин С. И., Висковатый И. С. Формирование конверсионных декоративных покрытий на серебре 925 пробы с использованием импульсных токов // Практика противокоррозионной защиты. 2016. № 4(82). С. 45–51.
14. Галанин С. И., Висковатый И. С. Оксидирование поверхности фурнитуры швейных изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5(365). С. 175–185.
15. Галанин С. И., Висковатый И. С. Особенности процесса электрохимического декорирования поверхности серебра // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 3. С. 75–86.
16. Галанин С. И., Висковатый И. С. Электрохимическое формирование декоративных пленок на поверхности серебра 925 пробы // Дизайн. Материалы. Технология. 2015. № 4(39). С. 56–60.
17. Галанин С. И., Висковатый И. С. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925 пробы // GAUDEAMUS IGITUR. 2015. № 1. С. 11–13.
18. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
19. Галанин С. И. Титан и украшения из титана // Ювелиртех. Ювелирные технологии для профессионалов. Журнал-каталог. Октябрь 2021 – январь 2022 г. // jewellertech.ru. URL: tagview.uelir.info/dKSofjFy4/4 (дата обращения: 12.12.2024).
20. Галанин С. И. Ювелирно-художественные технологии: декоративная электрохимическая обработка поверхности титана // Мир гальваники. 2018. № 1(39). С. 20–28.
21. Декоративное анодирование поверхности титана / С. И. Галанин, Т. В. Лебедева, Дм. М. Юсупов, Д. М. Юсупов // Технологии и качество. 2023. № 4(62). С. 24–30.
22. Галанин С. И., Соколова Л. А. Ювелирные украшения из алюминия с декорированной поверхностью // Научный вестник КГТУ. 2015. № 2. С. 1–11. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025).

23. Галанин С. И., Соколова Л. А. Декорирование поверхности алюминия окрашиванием конверсионных покрытий // *Дизайн. Теория и практика*. 2015. Вып. 21. С. 34–43.
24. Галанин С. И., Романов А. А. Традиционные и нетрадиционные декоративные покрытия ювелирных изделий и бижутерии // *Технологии и качество*. 2024. № 3(65). С. 53–59.
25. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные декоративные гальванические металлические покрытия ювелирных изделий и бижутерии // *Технологии и качество*. 2025. № 1(67). С. 59–64.
26. Щапова Т. С драгоценных на тугоплавкие: неювелирные металлы в ювелирных украшениях // *Навигатор ювелирной торговли*. 2020. № 4(193). С. 64–70.
27. Украшения из вольфрама: преимущества и недостатки. URL: <https://jewellerymag.ru/p/tungsten-carbide-jewellery> (дата обращения: 12.12.2024).
28. Галанин С. И., Романов А. А. Нетрадиционные и нестандартные материалы в ювелирных украшениях: история и современность // *Технологии и качество*. 2024. № 1(63). С. 45–51.
29. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн, материалы и технология изготовления современных ювелирно-художественных изделий. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2014. 183 с.
30. Галанин С. И., Романов А. А. Украшения с нетрадиционными и нестандартными материалами: стоимость и дизайн // *Дизайн и технологии*. 2023. № 98(140). С. 6–14.

REFERENCES

1. 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.)
2. Galanin S. I., Lebedeva T. V. Protective and decorative coverings in jewelry production. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2014. 138 p. (In Russ.)
3. 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.)
4. Galanin S. I. Jewelry and art technologies: decorative electrochemical and chemical surface treatment of metals and alloys. *Mir galvaniki* [The world of electroplating]. 2017;4(38):45–51. (In Russ.)
5. 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.)
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of the creation of modern jewelry and art products. Kostroma, Kostrom. St. Univ. Publ., 2023. 173 p. 1 CD ROM. (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. Decorative electrochemical and chemical surface treatment of jewelry-artistic alloys. *Nauchny vestnik KGTU* [Scientific Bulletin of KSTU]. 2014;2:3. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025). (In Russ.)
9. Galanin S. I., Viskovaty I. S., Gladiy Yu. P. Decorative electrochemical anodizing of the surface of silver alloy of 925 sample. Proceedings of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference and Review-Competition of creative works of students, graduate students and teachers in the direction of TChOM. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ., 2015. P. 56–65. (In Russ.)
10. Grishina E. P., Galanin S. I., Ivanova O. A. Fundamental aspects of film formation in electrochemical polishing of silver and silver-copper alloys in thiosulfate solutions // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2004;77,8:1283–1286.
11. Galanin S. I., Galamiy J. V. Research of forming color conversion films on the silver surface. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2010;5:86–99. (In Russ.)
12. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Oxidation and blackening of silver jewelry. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of technical aesthetics and design. 2017;1:20–28. (In Russ.)
13. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Formation of conversion decorative coatings on sterling silver using pulse currents. *Praktika protivokorroziionnoj zashchity* [Practice of anticorrosion protection]. 2016;4(82):45–51. (In Russ.)
14. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Oxidization of the surface of sewing accessories. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2016;5(365):175–185. (In Russ.)
15. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Features of the process of electrochemical decoration of silver surface // *Izvestiya Tomskogo polytechnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University]. Georesources Engineering. 2016;327,3:75–86. (In Russ.)

16. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Electrochemical formation of decorative films on the surface of silver of 925 sample. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2015;4(39):56–60. (In Russ.)
17. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Decorative electrochemical invoicing of sterling silver surface. *GAUDEAMUS IGITUR*. 2015;1:11–13. (In Russ.)
18. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
19. Galanin S. I. Titanium and titanium jewelry. *Yuvelirteh. Jewelry technologies for professionals. Journal-catalog*. October 2021 – January 2022 / *jewellertech.ru*. URL: magview.uvelir.info/dKSofjFy4/4 (accessed 02.11.2023). (In Russ.)
20. Galanin S. I. Jewelry-artistic technologies: decorative electrochemical surface treatment of titanium. *Mir galvaniki* [The world of electroplating]. 2018;1(39):20–28. (In Russ.)
21. Galanin S. I., Lebedeva T. V., Yusupov Dm. M., Yusupov D. M. Decorative anodizing of titanium surface. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;4(62):24–30. (In Russ.)
22. Galanin S. I., Sokolova L. A. Jewelry made of aluminum with decorated surface. *Nauchny vestnik KGTU* [Scientific Bulletin of KSTU]. 2015;2:1–11. URL: <https://web.archive.org/web/20170624104035/http://vestnik.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2025). (In Russ.)
23. Galanin S. I., Sokolova L. A. Decorating the surface of aluminum by painting conversion coatings. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2015;21:34–43. (In Russ.)
24. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;3(65):53–59. (In Russ.)
25. Galanin S. I., Romanov A. A. Traditional and non-traditional decorative coatings of jewelry and bijouterie. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;1(67):59–64. (In Russ.)
26. Shchapova T. From precious to refractory: non-jewelry metals in jewelry // *Jewelry Trade Navigator*. 2020;4(193):64–70. (In Russ.)
27. Tungsten jewelry: advantages and disadvantages. URL: <https://jewellerymag.ru/p/tungsten-carbide-jewellery> (accessed 12.12.2024). (In Russ.)
28. Galanin S. I., Romanov A. A. Non-traditional and non-standard materials in jewellery: history and modernity. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;1(63):45–51. (In Russ.)
29. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design, materials and manufacturing technology of modern jewelry and art products: monograph. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2014. 183 p. (In Russ.)
30. Galanin S. I., Romanov A. A. Jewelry with non-traditional and non-standard materials: cost and design. *Dizajn i tekhnologiya* [Design and Technology]. 2023;98(140):6–14. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 08.09.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор

А. А. Романов, аспирант

Научная статья
УДК 671.1+739.2
EDN GYUJZF
<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-66-70>

Александр Олегович Сильянов¹

Сергей Ильич Галанин²

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

¹ silyanov_ao@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-3024-5521>

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

«ПРЯМОЕ» ЛИТЬЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С КАМНЯМИ

Аннотация. Статья посвящена современной технологии литья ювелирных украшений с камнями. Рассмотрены достоинства, недостатки, преимущества этой технологии. Показано, что использование технологии литья с камнями позволяет значительно сократить производственную технологическую цепочку, существенно экономит высококвалифицированный труд закрепщика камней и снижает себестоимость изготовления ювелирных украшений. Отмечены требования к используемым материалам, особенности выбора камней, требования к их размерам и форме, особенности дизайна и конструкции литых изделий, наиболее распространённые виды брака и методы их устранения, требования к операциям прокаливания опок и заливки металла. Показано, что рассматриваемая технология может с успехом использоваться на производстве только в условиях высокой технологической дисциплины.

Ключевые слова: «прямое» литье, литье с камнями, технологический процесс, выбор камней, требования к материалам, особенности дизайна и конструкции изделий, технологическая дисциплина

Для цитирования: Сильянов А. О., Галанин С. И. «Прямое» литье ювелирных изделий с камнями // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 66–70. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-66-70>.

Original article

Alexander O. Silyanov¹

Sergey I. Galanin²

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

“DIRECT” CASTING OF GEMSTONE JEWELLERY

Abstract. The article is devoted to the modern gemstone jewellery casting technology. The advantages, disadvantages, and benefits of this technology are considered. It is shown that the use of gemstone casting technology allows for a significant reduction in the production process, significantly saves the gem setter's highly skilled labour, and reduces the cost of manufacturing jewellery. The requirements for the materials used, the features of stone selection, the requirements for their size and shape, the features of the design and construction of cast products, the most common types of defects and methods for their elimination, and the requirements for the operations of firing the moulds and pouring the metal are noted. It is shown that the technology under consideration can be successfully used in production only under conditions of high technological discipline.

Keywords: “direct” casting, casting with gems, technological process, gem selection, requirements for materials, features of products' design and construction, technological discipline

For citation: Silyanov A. O., Galanin S. I. “Direct” casting of gemstone jewellery. Technologies & Quality. 2025. No 4(70). P. 66–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-66-70>.

В настоящее время литье по выплавляемым моделям, и в частности его разновидность, так называемое прямое литье, является наиболее распространенной технологией при изготовлении единичных и малосерийных ювелир-

ных изделий. «Прямое» литье, при котором исключается этап изготовления металлических мастер-моделей, а выплавляемые или выжигаемые модели изготавливаются при использовании 3D-технологий, позволило решить ряд технологических проблем и укоротить технологическую цепочку. Стало возможным изготавли-

© Сильянов А. О., Галанин С. И., 2025

вать сложнопрофильные изделия сразу целиком без разбивки их на простые, легко извлекаемые из резиновых пресс-форм части [1–4].

Видов закрепки камней достаточно много, и она остается одной из самых сложных и дорогостоящих операций, требующих большого количества затрат высококвалифицированного труда. Особенно это становится ощутимо при «ковровой» закрежке камней, когда вставками надо покрыть большую площадь поверхности украшения с высокой их соосностью и требованием к параллельности площадок друг относительно друга [5].

Выход из сложившейся ситуации найден в литье с камнями. Хотя эта технология и не лишена недостатков, она позволяет существенно сократить производственные расходы и изготавливать украшения с камнями, которые невозможно закрепить в металле традиционными способами из-за особой конструкции и дизайна изделий.

Литье с камнями: достоинства, недостатки, преимущества. Закрепка камней непосредственно в восковую модель сокращает производственный цикл изготовления ювелирных изделий и дает существенную экономическую выгоду. Экономится 50...80% затрат на закрежке, подготовке модели и изготовлении восковок. Камни держатся надежнее, так как металл заливается вокруг камней и усаживается при охлаждении, что формирует плотный обод вокруг вставок. Все камни, особенно мелкие, выглядят более крупными, потому что требуется меньше металла для их удержания [6].

Впервые в СССР технология точного литья ювелирных изделий совместно с корундовыми синтетическими вставками была разработана Киевским филиалом ВНИИювелирпрома. В октябре 1974 г. началось ее экспериментальное внедрение на Киевском ювелирном заводе. За IV квартал 1974 г. по этой технологии отлили несколько тысяч колец [7]. При таком значительном объеме изготовления выявились недостатки новой технологии, не обнаруженные на стадии предварительных экспериментальных работ. Основным недостатком – отсутствие положительного экономического эффекта: в результате внедрения литья со вставками трудовые затраты на изготовление изделия не снижаются.

Повышение себестоимости изготовления изделий в результате внедрения новой технологии отмечено и на Одесском ювелирном заводе при производстве серег с крапановой закрежкой вставок. Анализ показал, что литье серег со вставками приводит к увеличению расценок на 16% по сравнению с традиционной технологи-

ей. Значительно увеличиваются и потери от брака по сколам вставок. Стоимость клеймения в государственной инспекции пробирного надзора увеличивается в среднем на 18%, так как клеймение производится не поштучно, а по весу изделий, в которые дополнительно включается и вес камней. Необходимо отметить, что стоимость клеймения изделий со вставками в настоящее время в три раза дороже, чем клеймение изделий без вставок, что является явным недостатком.

На тот период времени был сделан вывод, что расширение объемов использования технологического процесса литья золотых изделий совместно с корундовой вставкой предприятиям экономически невыгодно, поэтому рекомендовать его не следует. Однако по новой технологии было изготовлено изделие, показанное на рисунке 1. Это было гораздо проще, чем придумать технологию закрепки камня таким нестандартным способом [7].



Рис. 1. Подвеска с корундовой вставкой, изготовленная по технологии литья с камнями [7]

Проведенные промышленные испытания технологического процесса закономерно показали необходимость значительной доработки как самой технологии литья с камнями, так и совершенствования системы клеймения изделий в инспекции пробирного надзора, что и было проделано в последующие годы. Основные проблемы технологии: выпадение вставок из посадочных мест в уже отлитом изделии, трещины и сколы в камнях, изменение цвета камня. Это свидетельствовало о необходимости соблюдения ряда требований к используемым материалам и технологическим приемам.

1. Модельный материал не должен менять свои свойства, разрушаться в процессе вулканизации резиновых пресс-форм, химически взаимодействовать с резиной.

2. Параметры шероховатости модели должны быть не ниже требуемых для получаемых по ней отливок: раковины, царапины, вмятины на ее поверхности не допустимы.

3. Необходимо использовать ювелирный воск с повышенной пластичностью и хорошей фиксацией формы.

4. Наиболее подходят синтетические камни – фианиты, также пригодны бриллианты, рубины, сапфиры, гранаты, выдерживающие высокую температуру расплавленного металла и последующую обработку. Камни должны иметь высокое качество, отличную калибровку и точные одинаковые размеры. Отклонение размеров допускается не более $\pm 0,02$ мм. Фианиты должны быть предварительно термически обработаны. Рекомендуется использовать камни небольших размеров – до 3 мм в рундисте. Не допускаются камни с тонким рундистом из-за повышенного риска сколов и выпадения.

5. Необходимо использовать специальные формовочные смеси с мелкодисперсной структурой. Такие смеси благодаря своим свойствам защищают камни от высоких температур при прокаливании формы.

6. Для предотвращения нанесения вреда камням необходимо изменить стандартный цикл прокаливании опок.

7. Плавка и заливка должны производиться в печах индукционного нагрева с донным разливом расплавленного металла. Это позволяет обеспечить высокое качество поверхности отливок, хорошую пластичность и прочность на излом. Необходимо строго контролировать температуру заливаемого металла, использовать исходные чистые компоненты.

8. Отлитые изделия с камнями категорически запрещено подвергать операции пайки в пламени газовой горелки, так как перепад температуры может привести к растрескиванию камней. Пяять изделия со вставками можно и припоем и в конвейерной печи с защитным газом (печь «соло»), где обеспечивается равномерный нагрев всего изделия. Изделия нельзя резко охлаждать: погружать в отбеливающий раствор, интенсивно остужать любым способом.

Одним из недостатков технологии является то, что опоку нельзя размывать до охлаждения до комнатной температуры, так как при резком охлаждении вставки могут растрескаться. Охлаждение занимает продолжительное время, что увеличивает продолжительность процесса и снижает производительность.

9. Рекомендуется использовать ограниченное количество видов закрепок камней: возможна крапановая, глухая, полуглухая, рельсовая закрепка (рис. 2).

10. Под вставкой должно быть расположено сквозное отверстие не менее 0,5 мм в диаметре и высотой не более 2 диаметров отверстия. Если сквозное отверстие сделать невозможно, то необходимо обеспечить возможность затекания формомассы под вставку, чтобы в дальнейшем вставка была надежно зафиксирована в формомассе в процессе вытапливания воска и литья.

Под глухую закрепку сквозное отверстие делают на 0,2 мм меньше посадочного места под вставку. Например, для вставки диаметром 2 мм сквозное отверстие должно быть 1,8 мм.

11. Жесткость конструкции должна обеспечивать надежное крепление вставки и невозможность ее выпадения при деформации (рис. 3).



Рис. 2. Рекомендуемые виды закрепки вставок при литье с камнями:
а – крапановая; б – глухая; в – полуглухая; г – рельсовая



Рис. 3. Жесткая конструкция серег и кольца, обеспечивающая надежное крепление вставки

12. Отрицательным фактором является то, что при заливке металла в опоку вставки (особенно большое количество) интенсивно охлаждают расплавленный металл, хотя камни обладают значительно меньшей теплопроводностью, чем металл. Часто это приводит к дефектам литья в виде усадочной пористости и необходимости корректировать литниковую систему.

13. При расстановке вставок конструкция и дизайн изделия должны обеспечивать свободный доступ инструмента для закрепки вставки в необходимых местах (рис. 4).



Рис. 4. Дизайн и конструкция украшения, обеспечивающие свободный доступ к местам установки вставок

14. При шлифовке и полировке следует внимательно обрабатывать места посадки камней. Снятие лишнего слоя металла с крапанов изделия может привести к выпадению камня. Изделия не рекомендуется галтовать, так как возникает риск повреждения камней (образование трещин, сколов, царапание поверхности).

15. В случае использования галтовки предусматриваются специальные приемы в конструкции изделия. Для защиты вставки в процессе финишной обработки изделия крапана изготавливаются по размеру выше площадки вставки на 0,2 мм, выступ крапана 0,1...0,2 мм от рундиста вставки. Крапана, подвергаемые более интенсивной обработке, дополнительно делают толще на 0,1 мм с учетом их споллирования.

Для защиты вставки от воздействия абразива при дальнейшей обработке можно приме-

нять закрепку в «зеркала» с выступающими рантами (рис. 5).



Рис. 5. Кольцо, изготовленное литьем с камнями, где камни закреплены в так называемые зеркала

16. При крапановой закрепке минимальное количество крапанов – три. При этом оси между крапанами должны сходиться в центре вставки.

На Втором Международном симпозиуме ювелиров в Санкт-Петербурге в 2003 г. И. Даллоз в своем докладе отметила, что литье с камнями, посаженными на воск, становится в ювелирной промышленности все более широко применяемой и рентабельной технологией. Это сложный процесс, зависящий от множества факторов: станков, инструментов и материалов (в первую очередь, от модельных составов, восков, формомасс, лигатуры сплавов золота и серебра), а также разнообразных процессов – изготовления мастер-модели, отжига, плавления, термоудара и т. п. От строгого соблюдения всех необходимых условий, технологической дисциплины на производстве зависит успешный процесс и качественный результат литья с камнями без их повреждения. Ряд требований, обязательных к соблюдению:

- камни должны быть тщательно подобраны по размеру и качеству;
- опока должна хорошо заполняться;
- термоудар при разливке металла должен быть сведен к минимуму;
- поток расплавленного металла должен контролироваться [8].

Исследования литья с фианитами показали, что единственным видом брака стало выпадение камней из посадочных мест. Основные причины выпадения камней – неправильное посадочное место в мастер-модели, недостаточный питатель в мастер-модели, восковки не были проверены перед посадкой камней, камни не жестко держались в восковке. Следовательно, при дальнейшем производстве по данной технологии необходимо уделить больше внимания контролю качества восковок и увеличить размеры питателей.

Для литья с камнями возможно использование различных видов фианитов как по цене, так и по качеству. В ходе эксперимента выявлено, что можно применять и цветные фианиты, так как они полностью сохраняют свой цвет [6].

ВЫВОДЫ

1. «Прямое» литье с камнями в современном ювелирном производстве используется достаточно широко, несмотря на высокие требования к используемым материалам, особые требования к конструкции украшений, особенности

технологического процесса, повышенные требования к технологической дисциплине.

2. Эта современная технология потребовала значительного периода производственного освоения ювелирами во всем мире.

3. Использование технологии литья с камнями, несмотря на некоторые недостатки, позволяет значительно сократить производственную технологическую цепочку, существенно экономит высококвалифицированный труд закрепщика камней и снижает себестоимость изготовления ювелирных украшений.

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 : Костром. гос. ун-т, 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., Трошина О. А. Закрепка ювелирных камней и вставок : учеб. пособие. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. 67 с.
6. Павличенко Е. С. Исследование технологии литья ювелирных изделий с камнями // Студенческая научная весна – 2011: Машиностроительные технологии. URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/363/article.pdf (дата обращения: 26.03.2025).
7. Старченко И. П. Экономические аспекты внедрения точного литья ювелирных изделий совместно с корундовыми вставками. URL: https://jewelpreciousmetal.ru/technology_other_calculategemcasting.php (дата обращения: 26.03.2025).
8. Даллоз И. Литье с камнями // Материалы второго Международного Симпозиума ювелиров. URL: <https://www.j-izvestia.ru/pages/article5-371.html> (дата обращения: 26.03.2025).

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. 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., Troshina O. A. Fixing jewelry stones and inserts. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2019. 67 p. (In Russ.)
6. Pavlichenko E. S. Investigation of the technology of casting jewelry with stones. Student scientific spring 2011: Engineering technologies. URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/363/article.pdf (accessed 26.03.2025). (In Russ.)
7. Starchenko I. P. Economic Aspects of Implementing Precision Casting of Jewelry Products with Corundum Inserts. URL: https://jewelpreciousmetal.ru/technology_other_calculategemcasting.php (accessed 26.03.2025). (In Russ.)
8. Dalloz I. Casting with stones. From the materials of the second International Symposium of jewelers. URL: <https://www.j-izvestia.ru/pages/article5-371.html> (accessed 26.03.2025). (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.03.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. О. Сильянов, аспирант

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор

Научная статья

УДК 747.5 : 7.045; 7.038.55 : 7.045

EDN VICVAK

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-71-77>

Научная статья

Влада Алексеевна Ошеева¹

Татьяна Львовна Макарова²

¹vlada.osheeva@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-5571-0922>

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

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

ТРЕНДЫ В ДИЗАЙНЕ ЯПОНСКИХ ВИТРИН-ИНСТАЛЛЯЦИЙ

Аннотация. В статье рассматривается такая сфера дизайна и рекламы, как оформление витрин. Показано, что для розничной торговли одним из способов заинтересовать и продемонстрировать товар является витрина. Отмечено, что существует множество особенностей оформления витрин, но наиболее важный признак ее успешности – способность привлечь и удержать покупателя. Исследованы решения известных брендов по оформлению витрин в Японии, в которых часто используется арт-инсталляция. Сделаны выводы об особенностях и уникальных чертах созданных в витринах визуальных образов и конструкций. Выявлено, что большая часть витрин направлена на создание перформанса, яркого впечатления за счет определенного, часто социального, посыла и креативного исполнения. Нередко целью витрины становится не демонстрация продукции, а создание вау-эффекта. Выявленные подходы к формированию визуального образа и «проектирования впечатления» способствуют успешной разработке и реализации подобных проектов в России. Проведенный анализ позволит расширить общепринятые рамки и правила оформления витрин, привнести новаторский подход и перенять опыт японских дизайнеров витрин.

Ключевые слова: дизайн, реклама, образ, мода, модный бренд, символ, тренд, дизайн витрины, витринистика, инсталляция, выставочный стенд, тренды в дизайне, дизайн витрин, современное искусство

Для цитирования: Ошеева В. А., Макарова Т. Л. Тренды в дизайне японских витрин-инсталляций // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 71–77. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-71-77>.

Original article

Vlada A. Osheeva¹

Tatyana L. Makarova²

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

TRENDS IN THE DESIGN OF JAPANESE SHOWCASE INSTALLATIONS

Abstract. The article examines such a sphere of design and advertising as the design of storefronts. It is shown that for retail trade, one of the ways to interest and demonstrate a product is a storefront. It is noted that there are many features of storefront design, but the most important sign of its success is the ability to attract and retain a buyer. The solutions of well-known brands for storefront design in Japan are investigated, in which art installation is often used. Conclusions are drawn about the features and unique traits of the visual images and structures created in storefronts. It has been revealed that most of the storefronts are aimed at creating a performance, a vivid impression, through a specific, often social message and creative execution. Often, the goal of a storefront is not to showcase products, but to create a wow-effect. The identified approaches to creating a visual image and “designing an impression” contribute to the successful development and implementation of such projects in Russia. The analysis will allow us to expand the conventional framework and rules for window displays, introduce an innovative approach, and learn from the experience of Japanese window display designers.

Keywords: design, advertising, image, fashion, fashion brand, symbol, trend, showcase design, shop window design, installation, exhibition stand, design trends, design of showcase, contemporary art

For citation: Osheeva V. A., Makarova T. L. Trends in the design of Japanese showcase installations. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 71–77. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-71-77>.

Актуальным вопросом на сегодняшний день является эффективность применения визуального мерчендайзинга в розничной торговле [1–4]. Витрины – одни из важнейших средств рекламы, они не только могут психологически влиять на потенциальных покупателей, повышают осведомленность о продуктах магазина, но и увеличивают объемы продаж. Уникальность и качество оформления витрин – залог успешных продаж и прибыльного ведения бизнеса.

Исторически витрины магазинов являлись своего рода произведением искусства: красивой композицией из вещей, в основном расположенных за стеклом, – которую уже позже назовут инсталляцией. До появления компьютерных технологий витрины были более скромными в плане технологического исполнения и реализации необычных идей. Сегодня витрины – не обязательно стеклянные, бывают и «открытые, живые» витрины, когда пальто, например, развешивают на улице на стене дома, как сделал один предприимчивый директор магазина еще почти 100 лет назад. В то же время в современных зданиях стеклянные витрины смотрятся нарядно, благодаря интересным композициям в них, а также большим возможностям современного освещения витрин: от однотонного до многоцветного.

Профессия дизайнера витрин востребована не только благодаря ее творческой составляющей, но и потому, что стильная витрина, красивая композиция вещей в ней может увеличивать число покупателей и доходы производителей разных продуктов: от одежды до предметов интерьера, от продуктов питания и лекарств до медицинских принадлежностей и строительного инструмента.

Витрина является важнейшим элементом мерчендайзинга и инструментом для вирусного маркетинга. Привлекающая внимание витрина повышает осведомленность о магазине и товарах, оставляет после себя яркое впечатление и желание посетить магазин. Из-за оригинального и продуманного оформления некоторые витрины могут даже превратиться в достопримечательность, предмет искусства.

Анализ дизайна японских витрин-инсталляций. Рассмотрим некоторые витрины-инсталляции, созданные в период с 2017 по 2024 гг. в Японии. В качестве примеров выбраны витрины известных международных брендов, филиалы которых расположены в Японии, и витрины популярных местных торговых центров.

Шоколад – вещь, которая неразрывно связана с празднованием месяца любви не только в Японии. С 25 января по 14 февраля 2017 г. в токийском универмаге Mitsukoshi прошло празднование «Дня святого Валентина с Mitsukoshi», в рамках которого посетителям были представлены шоколадные конфеты с уникальными вкусами (рис. 1).



Рис. 1. Витрина японского универмага Mitsukoshi, Токио¹

Вдохновением для летней витрины послужил приключенческий роман Германа Мелвилла «Белый кит» (рис. 2). Бушующие волны океана обыгрывались как хвост и плавники белого кита. Также к этому были добавлены звуковые эффекты китобоя, трясущегося и продвигающегося сквозь волны вперед. Это позволило воспринимать эту сцену на центральной витрине максимально реальной.



Рис. 2. Аудиовизуальная витрина японского универмага Wako “It navigates”. Арт-директор: А. Мусаси²

¹ Самые модные витрины мира: японский колорит. URL: https://new-retail.ru/magaziny/dizayn/samye_modnye_vitriny_mira_yaponskiy_kolorit6367 (дата обращения: 04.03.2024).

² Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=418> (дата обращения: 04.03.2024).

Данная сцена является отсылкой к важной части японского фальклора: «Сказке о резчике бамбука» (рис. 3). Согласно описанию работы, мода в любой момент времени может быть способом открыть свое сердце чему-то новому. Манекен, подчеркнуто устремляющийся в небо, демонстрирует сердце, которое открыло свои чувства и вырвалось на свободу.



Рис. 3. Центральная витрина японского универмага Wako. Название: «Batter». Арт-директор: Ацуси Мусаси³

На витринах расположены машины, сюрреалистичные и выходящие за рамки творчества (рис. 4). Размещенная на обратной стороне профессиональная инструкция позволяет людям поверить в то, что на этих устройствах возможно летать. Таким образом компания позволяет дать волю воображению и мечтательности.



Рис. 4. Витрина бутика Hermès в Токио. Автор: компания GamFratesi⁴

От летней витрины требовалось ощущение прохлады, чтобы возникло чувство свежести, словно зритель утолил жажду крем-содой (рис. 5). Крем-сода считается в Японии напитком

хорошей погоды из детства, а квартал Ginza, где расположен торговый центр, – местом сосредоточения стиля.



Рис. 5. Центральная витрина японского универмага Wako. Название: «Cool air». Арт-директор: Ацуси Мусаси⁵

Отдельных персонажей, которые уже появлялись ранее на витринах, собрали в одну группу «Wako Heisei All Stars» и выставили на всеобщее обозрение вновь (рис. 6). Персонажи совершали плавные движения с помощью технологии «спектакля марионеток», параллельно воспроизводилась композиция «Зимняя страна чудес» в оригинале для создания эффекта живого выступления. С помощью компьютерного программирования движения персонажей синхронизировались.



Рис. 6. Центральная витрина японского универмага Wako. Арт-директор: Ацуси Мусаси⁶

Эта витрина в полной мере воплотила уникальную черту моноцикла, дизайн которого был основан на круге (рис. 7). Идеальное сочетание целостной концепции и яркого фонового рисунка позволило создать в витрине сильную, но простую в плане дизайнерского решения композиции визуальную привлекательность.

³ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=420> (дата обращения: 04.03.2024).

⁴ Hermès window display SS 2017 in Japan. URL: <https://rdjeongpark.com/Hermes-window-display-SS-2017-in-Japan> (дата обращения: 04.03.2024).

⁵ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=437> (дата обращения: 04.03.2024).

⁶ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=441> (дата обращения: 04.03.2024).



Рис. 7. Витрина бутика Hermès в Токио.
Автор: компания Gam Fratesi⁷

На основе концепции «взгляда жука» были определены рамки идеи – представить увеличенные часы (рис. 8).

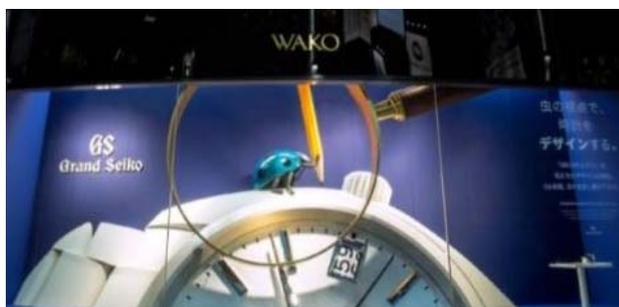


Рис. 8. Центральная витрина японского универмага Wako.
Рекламная компания часов Grand Seiko,
автор Киятака Сакаи⁸

Чтобы заставить людей обратить внимание на витрину, добавлена движущаяся часть – карандаш, который держит божья коровка, представляющая дизайнера. Кроме того, божья коровка помещена немного выше уровня глаз, чтобы ее можно было видеть как вблизи, так и издалека. Причина, по которой цвет этой божьей коровки синий, а не красный, заключается в том, что секундная стрелка часов рекламируемой модели изготовлена из синей стали. В добавок к этому синяя божья коровка является символом счастья, поэтому был выбран именно этот цвет.

Перед гигантским Grand Seiko установили громадное увеличительное стекло. Одна из целей – передать концепцию взгляда «глазами жука». Другая цель – привлечь внимание, поскольку

ку предполагалось, что размещение увеличительного стекла побудит людей посмотреть в него на предмет, находящийся позади.

Рядом с гигантскими часами размещались настоящие часы Grand Seiko и увеличительное стекло. Цель состояла в том, чтобы разъяснить разницу в размерах и дать людям интуитивно понять, что в этом маленьком изделии сконцентрировано большое внимание к деталям.

Название данной витрины-инсталляции – «Культура – расширение Разума и Духа» (рис. 9). На ней отражена торжественность и культурная уникальность праздника. Уникальность концепции в другой инсталляции передают с помощью экзотических для Европы животных: фламинго в танцевальных позах и стоящие на одной из своих малиновых ног прекрасны тем, что демонстрируют освежающую летнюю атмосферу на пляже, которая по-своему отзывается в каждом (рис. 10).



Рис. 9. Витрина японского универмага Mitsukoshi, Токио⁹

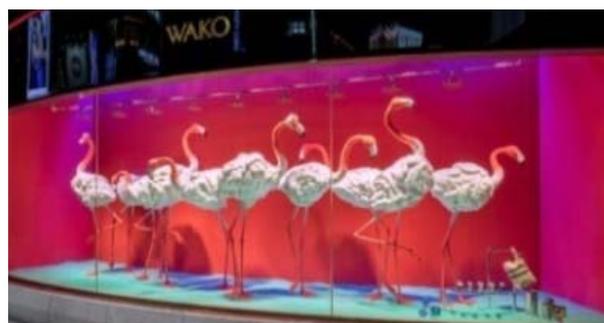


Рис. 10. Центральная витрина японского универмага Wako.
Название: “Refreshing”. Арт-директор А. Мусаси¹⁰

Тема витрины Hermès 2019 – «В погоне за мечтой» (рис. 11). Витрина отражает сельскую

⁷ Hermès window display SS 2018 in Japan. URL: <https://rdjeongpark.com/Hermes-window-display-SS-2018-in-Japan> (дата обращения: 04.03.2024).

⁸ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.seiko-design.com/en/stories-en/display-wako-en> (дата обращения: 04.03.2024).

⁹ MITSUKOSHI DEPARTMENT STORE, Ginza, Tokyo, Japan. URL: <https://nl.pinterest.com/pin/311733605448758130> (дата обращения: 04.03.2024).

¹⁰ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=446> (дата обращения: 04.03.2024).

мечту городского жителя. Это мир, где природа встречается с фантазией, где пересекаются пути людей и животных.



Рис. 11. Витрина бутика Hermès в Токио¹¹

Раньше в Японии традиционно год делился на 24 сезона (сэки) солнечного календаря; каждый период сэки был разбит на три более мелких, всего существовало 72 микросезона. В этой витрине представлены более 100 экспонатов от «Хэйсэй» до «периода Рейва» (рис. 12). Белые голуби – символы мира. Они держат в клюве не ветви оливы, а 24 разных вида цветов японских деревьев, цветущих в разное время. Таким образом воплощена идея рассказать о каждом сезоне.



Рис. 12. Центральная витрина японского универмага Wako. Название: «Season». Арт-директор А. Мусаси¹²

Результаты работы. На основе рассмотренных примеров можно сделать вывод о том, что большая часть из них направлена на создание перформанса, яркого впечатления за счет определенного, часто социального, посыла

и креативного исполнения. Нередко целью витрины становится не демонстрация продукции, а создание вау-эффекта, из-за чего товары брендов иногда выглядят в лучшем случае дополнением к основной концепции витрины, в худшем – вовсе смотрятся ненужными (см. рис. 4). Стоит отметить, что также встречаются удачные решения, при которых продукт отлично вписывается в основной концепт (см. рис. 3, 7, 12) или даже является ядром композиции и концепции в целом (см. рис. 8).

Витрины часто отсылают к местному фольклору, японской культуре и традициям, обращаются к опыту прошлого. Это особенно видно в работах на рисунках 3, 9, 11. В японских витринах (см. рис. 2, 7, 8) часто фигурируют символ круга и шары: прослеживается семантика цикличности жизни, смены поколений, передачи опыта одного поколения другому. Однако при том, что японцы с большим уважением относятся к своим традициям и своему прошлому, их витрины больше устремляются в будущее, новое и неизведанное. Вера в лучшее, движение вперед, мечты о будущем – все это можно «прочитать» в работе на рисунке 2. Вместе с энергией и жадой новых побед приходит и жажда творчества, самовыражения, полета мысли, – это видно по витринам на рисунке 4. На контрасте с «энергичными» и яркими работами более заметны «легкие» и приземленные, дающие передохнуть от сильных эмоций и постоянной суеты (см. рис. 2, 4, 12). В них встречаются плавные, округлые, волнистые формы, спокойные цвета, с точки зрения смыслов – обращение к гармонии, мечтам, свободе.

Некоторые витрины-инсталляции напрямую говорят о важности заботы о природе, бережном к ней отношении, популяризируют идею переработки материалов (см. рис. 12). С определенной периодичностью создаются витрины с использованием звуков и движений: аудиовизуальные или даже мультимедийные (см. рис. 2, 6, 8). Этого часто бывает более чем достаточно, чтобы привлечь внимание. Вероятно, так как подобные проекты тяжелы в исполнении технически, они требуют значительных денежных вложений, поэтому к ним прибегают нечасто. В остальное время работы создаются из более простых материалов и с меньшим количеством средств, но при всей своей относительной простоте они могут быть не менее интересными, чем дорогостоящие проекты.

Еще одним из способов запомниться зрителю и произвести яркое впечатление является обращение к его эмоциям, чувствам, желаниям, воспоминаниям. Этот прием ярко прослежива-

¹¹ Window Displays | SEIKO HOUSE. URL: <https://www.wako.co.jp.e.zn.hp.transer.com/display/detail.html?id=445> (дата обращения: 04.03.2024).

¹² Hermès window display SS 2019 in Japan. URL: <https://www.behance.net/gallery/95305373/Hermès-Window-Displays-SS19> (дата обращения: 04.03.2024).

ется в работах (см. рис. 1, 5, 10). В основном дизайнеры и заказчики витрин стараются достигнуть рекламных целей с помощью создания вау-эффекта.

ВЫВОДЫ

Перспективными знаками и символами по проанализированному материалу можно считать: круги, шары, вертикальные полосы, растения, людей и животных, которые популярны в разных видах дизайна [5–9]. Визуальные образы природы, в том числе стихий (вода, ветер), и ряд городских визуальных образов тоже будут популярны в дизайне витрин [10, 11]. Особенно стоит отметить воздушность композиции, изысканность и в ряде композиций – легкую динамику, похожую на дуновение ветра.

Многие композиции витрин-инсталляций словно открыты окружающему миру, они похо-

жи на традиционные композиции из цветов и веток (икебаны) своей изысканностью, избирательностью в использовании материалов, общей стильностью и оригинальностью. В витринах-инсталляциях Японии крупные задачи решаются малыми средствами, очень точно выбираются и монтируются элементы композиции и продумывается каждая деталь – это черта японского дизайна. В целом, легкость и изысканность японского дизайна перспективна в плане развития дизайна инсталляций витрин для будущих рекламных и арт-проектов: ведь это то, что нужно сегодня многим клиентам. Ряд новых технологий, в том числе по работе с изображениями, которые применены в других областях [12], сегодня применяют и в дизайне, в том числе выставочных стендов и витрин [5, 13]: это перспективное направление для развития российского дизайна.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Багиев Г. Л., Тарасевич В. М., Анн Х. Маркетинг. М. : Экономика, 2001. С. 486–492.
2. Парамонова Т. Реклама на месте продажи // Современная торговля. 2003. № 3. С. 63–66.
3. Шакурова К. У., Евтодиева Т. Е. Витрина как один из инструментов мерчандайзинга // Евразийский союз ученых. 2020. № 1-4(70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vitrina-kak-odin-iz-instrumentov-merchandayzinga> (дата обращения: 04.03.2024).
4. Чигиринова М. Витрина как маркетинговый инструмент воздействия // Торговля. 2007. № 6–7. С. 25–34.
5. Ревякина А. А., Макарова Т. Л. Анализ образов и техник выполнения современных арт-инсталляций художников Южной Кореи // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2024) : сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 12–16 апреля 2024 года. М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. С. 619–631.
6. Макарова Т. Л., Самсонова Н. Д. Роль цвета в современном рекламном образе: семантика и прагматика. М. : Директ-Медиа, 2022. 156 с.
7. Галкина М. М., Макарова Т. Л. Анализ образов человека в дизайне рекламных плакатов (2013–2020 гг.) // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 238–241.
8. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Символ «Ромб» в дизайне современного костюма: использование результатов исследования в базе данных и компьютерной программе // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 6(378). С. 242–245.
9. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Анализ системы символов костюма (ССК) в коллекциях дизайнеров 2017 г. в русском стиле и использование результатов исследования в разработке базы данных // Вестник славянских культур. 2017. Т. 46. С. 257–267.
10. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Медиа-технологии в реализации образовательных программ магистратуры социально-гуманитарного профиля. М.-Берлин : Директ-Медиа, 2020. 169 с.
11. Рыжкова А. Д., Макарова Т. Л. Образы и символы в дизайне современных банкнот Европы // Вестник славянских культур. 2023. № 70. С. 341–350.
12. Semantics of visual models in space research / V. P. Savinykh, S. G. Gospodinov, S. A. Kudzh, V. Ya. Tsvetkov, I. P. Deshko // Russian Technological Journal. 2022. № 10(2). С. 51–58. URL: <https://www.rty-mirea.ru/jour/article/view/484/338?ysclid=miiirgvxbh145302845> (дата обращения: 04.03.2024).
13. Макарова Т. Л., Макаров С. Л. Международная ярмарка интеллектуальной литературы non/fiction: новые технологии и перспективные решения // Event-маркетинг. 2014. № 1. С. 66–76.

REFERENCES

1. Bagiev G. L., Tarasevich V. M., Ann H. Marketing. Moscow, Ekonomika Publ., 2001. P. 486–492. (In Russ.)

2. Paramonova T. Advertising at the point of sale. *Sovremennaya trgovlya* [Modern trade]. 2003;3:63–66. (In Russ.)
3. Shakurova K. U., Evtodieva T. E. Showcase – as one of the merchandising tools. Eurasian Union of Scientists. 2020;1-4(70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vitrina-kak-odin-iz-instrumentov-merchandayzinga> (accessed 04.03.2024).
4. Chigirina M. Showcase as a marketing tool of influence. *Torgovlya* [Trading]. 2007;6–7:25–34. (In Russ.)
5. Revyakina A. A., Makarova T. L. Analysis of images and techniques for performing modern art installations by artists of South Korea. Advanced materials and technologies (PMT-2024). Collection of reports of the International Scientific and Technical Conference. Moscow, April 12–16, 2024. Moscow, MIREA – Russian Technological University Publ., 2024. P. 619–631. (In Russ.)
6. Makarova T. L., Samsonova N. D. The role of color in the modern advertising image: semantics and pragmatics. Moscow, Direct-Media LLC Publ., 2022. 156 p. (In Russ.)
7. Galkina M. M., Makarova T. L. Analysis of human images in the design of advertising posters (2013–2020). *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2022;3(399):238–241. (In Russ.)
8. Makarova T. L., Makarov S. L. The “Rhombus” symbol in the design of a modern suit: the use of research results in a database and computer program. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2018;6(378):242–245. (In Russ.)
9. Makarova T. L., Makarov S. L. Analysis of the costume symbol system (CCS) in the 2017 collections of designers in the Russian style and the use of research results in the development of a database. *Vestnik slavyanskix kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2017;46:257–267. (In Russ.)
10. Makarova T. L., Makarov S. L. Media technologies in the implementation of educational programs for master’s degree programs in social sciences and humanities. Moscow-Berlin, Direct-Media Publ., 2020. 169 p. (In Russ.)
11. Ryzhkova A. D., Makarova T. L. Images and symbols in the design of modern European banknotes. *Vestnik slavyanskix kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2023;70:341–350. (In Russ.)
12. Savinykh V. P., Gospodinov S. G., Kudzh S. A., Tsvetkov V. Ya., Deshko I. P. Semantics of visual models in space research. Russian Technological Journal. 2022;10(2):51–58. URL: <https://www.rty-mirea.ru/jour/article/view/484/338?ysclid=miirgvxbh145302845> (дата обращения: 04.03.2024). (In Russ.)
13. Makarova T. L., Makarov S. L. International fair of intellectual literature non/fiction: new technologies and promising solutions. *Event-Marketing* [Event marketing]. 2014;1:66–76. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 24.08.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

В. А. Ошеева, магистрант

Т. Л. Макарова, доктор искусствоведения, профессор

Научная статья

УДК 739.52; 672; 673.1

EDN DEOBMK

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-78-83>

Денис Михайлович Цветков¹

Сергей Ильич Галанин²

Сергей Александрович Шорохов³

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

¹denis.tsvetkov@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1223-2596>

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

³s.shorokhov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9409-9432>

ЛАЗЕРНОЕ ДЕКОРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ AISI 304

Аннотация. Исследовано влияние параметров лазерной маркировки на декоративные характеристики поверхности стали AISI 304. Изучались изменения шероховатости (R_a , R_z) и локального цвета (ЛЦ) (усредненное RGB значение) в зависимости от мощности лазерного излучения, скорости сканирования и разрешения (линейной плотности импульсов). Использовались два режима разрешения: 508 и 1016 dpi, при фиксированной частоте генерации лазерного луча 20 кГц. Полученные данные показывают выраженную зависимость декоративных характеристик поверхности от параметров обработки. На основании экспериментальных результатов даны рекомендации по параметрам лазерного излучения для формирования на поверхности стали рисунков необходимых цветовых параметров.

Ключевые слова: дизайн поверхности, лазерное декорирование поверхности, шероховатость поверхности, цветовые параметры поверхности, локальный цвет, изменение параметров излучения, сталь AISI 304

Для цитирования: Цветков Д. М., Галанин С. И., Шорохов С. А. Лазерное декорирование поверхности стали AISI 304 // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 78–83. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-78-83>.

Original article

Denis M. Tsvetkov¹

Sergey I. Galanin²

Sergey A. Shorokhov³

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

LASER DECORATION OF AISI 304 STEEL SURFACE

Abstract. The influence of laser marking parameters on the decorative characteristics of AISI 304 steel surface was investigated. Changes in roughness (R_a , R_z) and local colour (LC) (averaged RGB value) were studied as a function of laser radiation power, scanning speed, and resolution (linear pulse density). Two resolution modes were used: 508 and 1016 dpi, with a fixed laser beam generation frequency of 20 kHz. The obtained data show a pronounced dependence of surface decorative characteristics on processing parameters. Based on experimental results, recommendations are given for laser radiation parameters for forming patterns with desired colour parameters on the steel surface.

Keywords: surface design, laser surface decoration, surface roughness, surface colour parameters, local colour, radiation parameter variation, AISI 304 steel

For citation: Tsvetkov D. M., Galanin S. I., Shorokhov S. A. Laser decoration of AISI 304 steel surface. Technologies & Quality. 2025. No 4(70). P. 78–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-78-83>.

В последние десятилетия развитие лазерных технологий кардинально изменило подходы к обработке материалов в самых различных от-

раслях – от машиностроения до медицины [1]. Также лазер все активнее внедряется в сферу декоративно-прикладного и ювелирного искусства [2, 3]. Это обусловлено уникальными характеристиками лазерной обработки, такими как

© Цветков Д. М., Галанин С. И., Шорохов С. А., 2025

высокая точность, контролируемая глубина воздействия, отсутствие физического контакта с обрабатываемой поверхностью и возможность работы с широким спектром материалов – от металлов, драгоценных камней и дерева до кожи, пластмассы и композитов. Благодаря этим качествам лазерная обработка позволяет не только тиражировать изделия, но и создавать эксклюзивные объекты, точно соответствующие художественному замыслу [4].

В условиях стремительного развития креативных индустрий возникает повышенный спрос на технологии, способные объединить индивидуальность дизайна и технологическую воспроизводимость. Лазерные системы стано-

вятся не просто инструментом обработки, но средством художественного выражения. С помощью лазера дизайнеры создают высокодетализированные орнаменты, реализуют сложные текстурные эффекты, формируют уникальные визуальные акценты и добиваются контрастных цветовых решений (рис. 1) [5, 6].

Особенно актуальным становится применение лазерной технологии в малых сериях, в персонализированных и кастомизированных проектах, где традиционные методы, такие как механическое фрезерование или химическое и электрохимическое гравирование, оказываются менее гибкими и более затратными.



Рис. 1. Примеры лазерной декоративной гравировки на поверхности различных материалов (из открытых источников)

Научные исследования особенностей лазерной обработки применительно к обработке художественных объектов позволяют перейти от эмпирического подхода к рациональному выбору параметров лазерного воздействия, учитывая как физические свойства материала, так и желаемый эстетический эффект [1, 2, 4]. Понимание взаимосвязей между параметрами лазера (мощность, скорость перемещения светового луча, частота генерации импульсов, разрешение) и визуальными характеристиками обработанной поверхности открывает возможности для предсказуемого конструирования текстур, графики и объемных эффектов. В настоящей работе рассматривается применение лазерной обработки в контексте создания дизайнерских изделий с акцентом на анализ технологических аспектов и художественных возможностей метода. Экспериментальная часть

направлена на выявление оптимальных условий для достижения заданных визуальных эффектов на различных материалах. В частности, исследование проводилось на образцах из аустенитной нержавеющей стали марки AISI 304, которая широко применяется в декоративных и функциональных изделиях, благодаря сочетанию коррозионной стойкости, пластичности и хорошей восприимчивости к лазерной маркировке.

Методика эксперимента. Материал: нержавеющая сталь AISI 304, полированная.

Лазер: импульсный волоконный лазер (длина волны 1064 нм), частота 20 кГц. Изменяемые параметры:

- мощность лазера: 10, 30, 50, 70, 90 % (от номинальной 50 Вт);
- скорость сканирования: 50, 100, 300, 600, 900 мм/с;

– разрешение: 508 и 1016 dpi (соответственно, 20 и 40 линий/мм).

Микроскоп: Микроскоп металлографический Метам ЛВ-32 (Объектив 5×, Окуляры 10×/18).

Измерения:

- шероховатость (Ra, Rz): контактный профилометр Marsurf PS1;
- цвет: цифровая макросъемка с последующим определением локального цвета (среднего значения RGB) для зоны маркировки. Для нахождения ЛЦ выбиралось пять точек в зоне маркировки. Для них определялись значения RGB, максимальное и минимальное значение отбрасывалось, остальные усреднялись.

Влияние скорости перемещения луча и мощности излучения на шероховатость обработанной поверхности

Измерения шероховатости показали выраженную зависимость параметров Ra и Rz от скорости перемещения луча и мощности излучения. Для обоих уровней разрешения наблюдается общая тенденция: с увеличением скорости сканирования значения Ra и Rz снижаются. Максимальные значения шероховатости достигаются при низких скоростях и высоких мощностях. Так, при разрешении 508 dpi и мощности 90 % Ra возрастает до 10 мкм при скорости 50 мм/с, а при разрешении 1016 dpi – до 16 мкм при тех же условиях.

По мере увеличения скорости сканирования до 900 мм/с Ra уменьшается до 0,2...1,5 мкм, что соответствует лишь незначительной модификации поверхности (рис. 2). Данный эффект объясняется снижением времени взаимодействия лазерного импульса с поверхностью: чем выше скорость перемещения луча, тем меньше тепловой энергии успевает передаться материалу в единицу площади, и глубина модификации уменьшается.

Сравнение режимов разрешения показывает, что при одинаковых параметрах мощности и скорости шероховатость оказывается выше при 1016 dpi. Это связано с большей плотностью импульсов на единицу площади, что приводит к усилению локального нагрева и, как следствие, к более интенсивному плавлению и микрорельефообразованию. Кроме того, зависимости при высоком разрешении проявляются более отчетливо, что указывает на повышенную чувствительность структуры поверхности к изменению параметров лазерного воздействия.

Таким образом, скорость и разрешение оказывают взаимосвязанный эффект на формирование микрорельефа: повышение разрешения

усиливает тепловое воздействие, а рост скорости, напротив, его ослабляет. Оптимальное сочетание этих параметров позволяет управлять шероховатостью поверхности в широком диапазоне – от практически полированной до глубоко модифицированной с выраженной структурой.

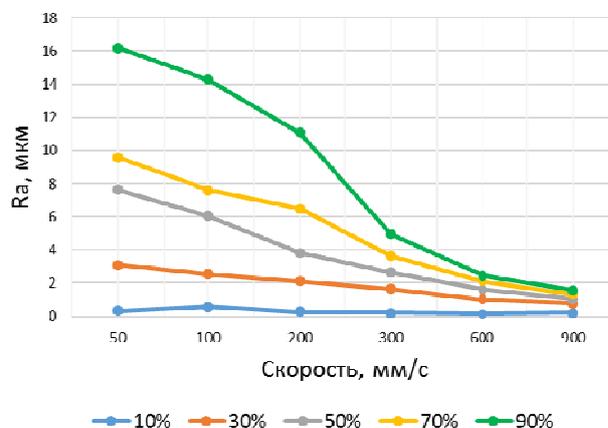


Рис. 2. Зависимость шероховатости Ra от скорости перемещения луча при различных мощностях излучения и при разрешении 1016 dpi (40 лин/мм)*

Влияние скорости перемещения луча и мощности излучения на локальный цвет

Изменение цветовых характеристик поверхности при лазерной обработке связано с термической модификацией поверхностного слоя. В проведенных экспериментах регистрировалось изменение локального цвета (ЛЦ) в диапазоне значений RGB от 50 до 200, соответствующее переходу от темно-коричневых оттенков к более светлым (рис. 3).

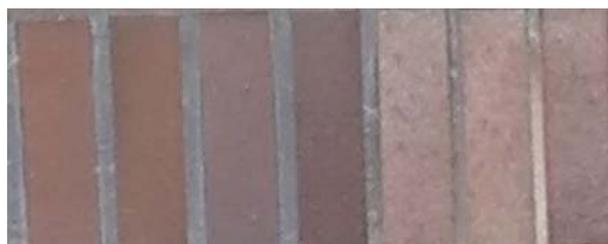


Рис. 3. Цвет поверхности после маркировки

При низкой мощности излучения (10 % от номинала) значения ЛЦ остаются близкими к исходным (RGB ≈ 157) независимо от скорости перемещения луча, что указывает на минимальное тепловое воздействие лазера. С увеличением мощности наблюдаются более выраженные изменения: на низких скоростях (50...200 мм/с) происходит заметное потемнение

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

поверхности, в то время как при высоких скоростях (300...900 мм/с) отмечается обратная тенденция – поверхность светлеет.

При разрешении 508 dpi и мощности 30% зафиксированы ярко выраженные экстремумы ЛЦ, тогда как при разрешении 1016 dpi зависимость становится более плавной. Минимальные значения ЛЦ достигаются при мощности 90% и скорости 300 мм/с, тогда как максимальные – при мощности 30% и скорости 900 мм/с. Следует отметить, что для обоих режимов разрешения экстремальные значения фиксировались при совпадающих параметрах обработки (рис. 4).

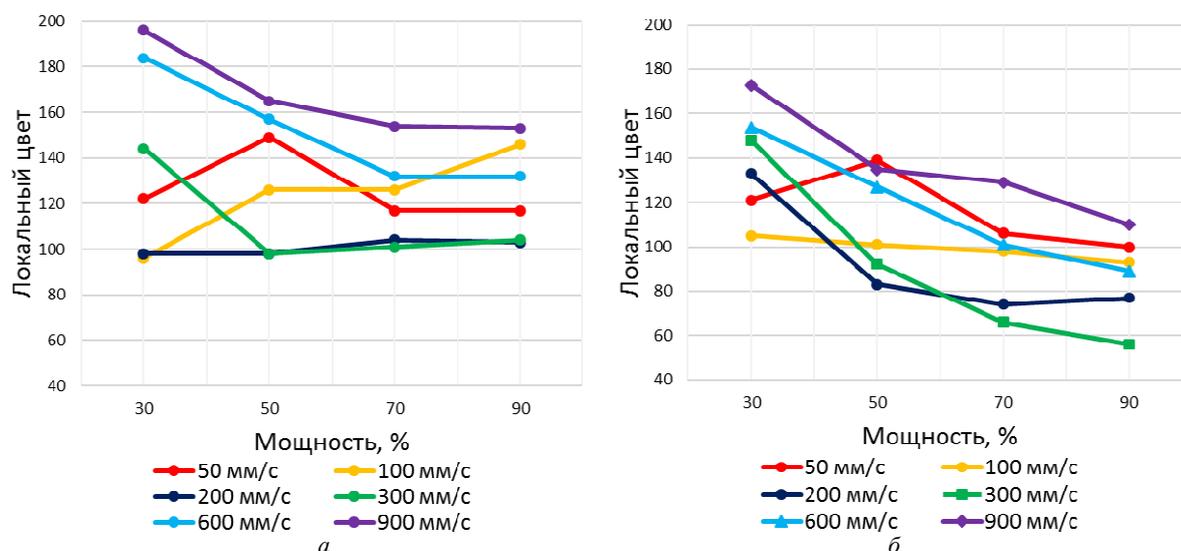


Рис. 4. Значение ЛЦ в зависимости от мощности лазерного излучения при различных скоростях перемещения луча и разрешении 508 dpi (а) и 1016 dpi (б)

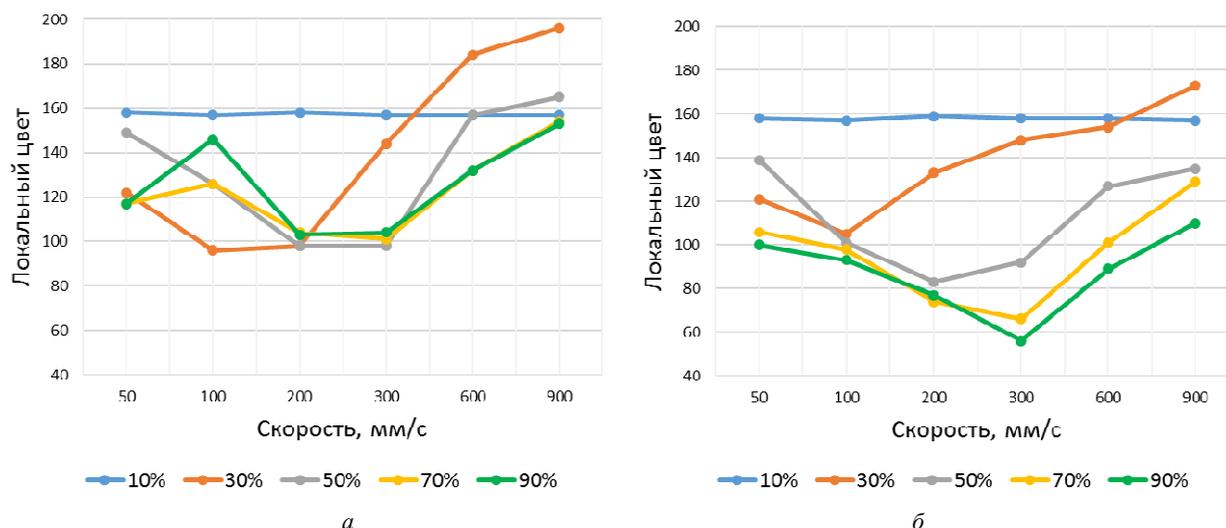


Рис. 5. Значение ЛЦ в зависимости от скорости перемещения луча при различных мощностях излучения и разрешении 508 dpi (а) и 1016 dpi (б)

Визуально это проявляется в изменении контрастности линий (рис. 6): при очень низких и при высоких скоростях сканирования линии

хорошо различимы и контрастны, тогда как при средних скоростях их контуры сглаживаются, и отдельные следы воздействия практически

сливаются. Таким образом, наблюдаемая V-образная зависимость локального цвета на графиках находит прямое подтверждение в морфологии обработанной поверхности.

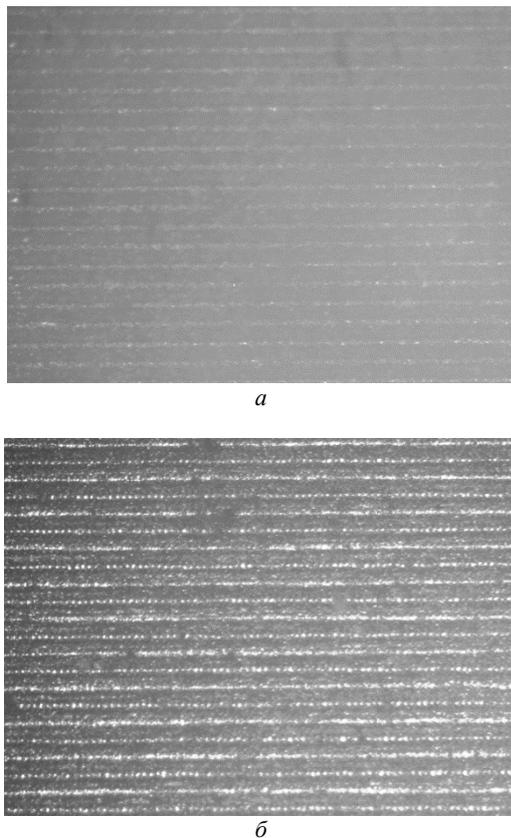


Рис. 6. Образцы при 50-кратном увеличении при разрешении 508 dpi мощности 30 % от номинала и скорости 200 мм/с (а) и 900 мм/с (б)

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало, что параметры лазерной маркировки существенно влияют как на физические характеристики поверхности стали AISI 304, так и на ее визуальное восприятие.

1. Изменение скорости сканирования приводит к V-образной зависимости цветовых характеристик: при средних скоростях (200...300 мм/с) формируется равномерный темный оттенок, благодаря которому рисунок воспринимается максимально четко и цельно человеческим зрением. При низких и высоких скоростях появляются вариации яркости и оттенков, которые могут использоваться для создания визуальной динамики.

2. Шероховатость поверхности определяет характер отражения света и, следовательно, особенности восприятия фактуры: от мягкой матовой до более контрастной и графической. Это дает возможность варьировать не только цветовые, но и текстурные эффекты.

3. Управление комбинацией технологических параметров (скорость, мощность и разрешение сканирования) позволяет получать широкий спектр решений для прикладного и декоративного применения.

Таким образом, лазерная маркировка стали AISI 304 может рассматриваться не только как технологический процесс, но и как способ целенаправленного формирования визуальных акцентов и текстур, что делает ее перспективной для промышленного дизайна, оформления интерьера и создания декоративных изделий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Investigation of the Effect of Laser Power, Speed and Frequency on Surface Roughness and Color Marking on AISI 304 / G. Tutins, I. Adijans, E. Yankov, A. Vikovs // Environment. Technology. Resources. 2024. Vol. 3. P. 460–464.
2. Кончус Д. А., Воробьёв С. А., Гусев А. В. Исследование влияния параметров лазерной обработки на формирование структуры поверхности стали // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1 «Естественные и технические науки». 2021. № 2. С. 34–41.
3. Цветков Д. М. Материалы, используемые для изготовления фурнитуры с применением лазерной обработки // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2025. 1 CD-ROM. С. 387–391.
4. Statistical Modeling and Characterization of Laser Marking on AISI 301LN Stainless Steel Using Short-Pulsed Fiber Laser / M. Rezaayat, M. Karamimoghadam, N. Contuzzi, G. Casalino, A. Mateo // Metals. 2025. Vol. 15, no 5. P. 519.
5. 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.
6. Особенности дизайна художественных изделий, изготовленных методом лазерной резки / И. А. Груздева, А. О. Овчинникова, Е. О. Боровая, А. А. Барышева // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 58–63.

REFERENCES

1. Tutins G., Adijans I., Yankov E., Bikovs A. Investigation of the Effect of Laser Power, Speed and Frequency on Surface Roughness and Color Marking on AISI 304. *Environment. Technology. Resources*. 2024;3:460–464.
2. Konchus D. A., Vorobyov S. A., Gusev A. V. Research of the Influence of Laser Processing Parameters on the Formation of the Surface Structure of Steel. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1. Estestvennye i texnicheskie nauki* [Bulletin of St. Petersburg state university of technology and design. Series 1. Natural and technical sciences]. 2021;2:34–41. (In Russ.)
3. Tsvetkov D. M. Materials Used for the Manufacture of Hardware with the Use of Laser Processing. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij* [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. 387–391. (In Russ.)
4. Rezayat M., Karamimoghadam M., Contuzzi N., Casalino G., Mateo A. Statistical Modeling and Characterization of Laser Marking on AISI 301LN Stainless Steel Using Short-Pulsed Fiber Laser. *Metals*. 2025;15,5:519.
5. 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.)
6. Gruzdeva I. A., Ovchinnikova A. O., Borovaya E. O., Barysheva A. A. Design features of art products made by laser cutting method. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;1(63):58–63. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.09.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Д. М. Цветков, старший преподаватель
С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор
С. А. Шорохов, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 671.12

EDN DIWJEJ

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-84-91>

Арина Васильевна Сынышина¹

Надежда Александровна Заева²

Алла Германовна Безденежных³

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

¹ arina.synyshina@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-6463-7364>

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

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

ДРАГОЦЕННЫЕ НОВОГОДНИЕ УКРАШЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ИНТЕРЬЕРЕ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос создания драгоценной ювелирной композиции или украшения для современного новогоднего интерьера. Рассмотрены стили интерьеров, представлены варианты новогоднего украшения пространства жилого помещения в разных стилях. Проанализированы ювелирные изделия из драгоценных материалов, которые могут выполнить функцию аналогов для проектирования драгоценных украшений новогодней елки, и предложены рекомендации для формирования проекта изделия с учетом специфики технологий и материалов.

Ключевые слова: ювелирное изделие, дизайн интерьера, стиль, новогоднее украшение, дизайн-композиция, металлы, проектирование

Для цитирования: Сынышина А. В., Заева Н. А., Безденежных А. Г. Драгоценные новогодние украшения в современном интерьере // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 84–91. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-84-91>.

Original article

Arina V. Synyshina¹

Nadezda A. Zaeva²

Alla G. Bezdenezhnykh³

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

PRECIOUS NEW YEAR'S DECORATIONS IN A MODERN INTERIOR

Abstract. The article discusses the creation of a precious jewellery composition or decoration for a modern New Year's interior. It examines different interior styles and presents options for decorating a living space for the New Year in various styles. The article analyses jewellery made from precious materials that can serve as analogues for designing precious decorations for a New Year's tree, and provides recommendations for creating a product design that takes into account the specific features of technology and materials.

Keywords: jewellery, interior design, style, New Year's decoration, design composition, designing

For citation: Synyshina A. V., Zaeva N. A., Bezdenezhnykh A. G. Precious New Year's decorations in a modern interior. Technologies & Quality. 2025. No 4(70). P. 84–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-84-91>.

Дизайн интерьера сегодня – это возможность выразить свое представление о комфорте, стиле, эстетике. Убранство каждого помещения отражает характер владельца, а многообразие стилей, предлагаемых трендами, позволяет заполнить личное пространство функциональ-

ми, удобными, стильными и эстетически привлекательными предметами. Наиболее значимым оформлением интерьера представляется накануне важных событий или праздников. Одним из таких праздников является Новый год, подготовка к которому занимает много времени, но приносит радость возможностью создать атмосферу сказочного волшебства и ожидания чуда.

© Сынышина А. В., Заева Н. А., Безденежных А. Г., 2025

Размышляя о новогоднем украшении в современном интерьере, необходимо понимать, как будет выглядеть интерьер в целом. Минимализм, лофт, классика, барокко, ар-нуво, ар-деко, винтаж, ретро, скандинавский стиль, хай-тек, экостиль и другие стилевые направления обладают особенными чертами, подчеркивая и оттеняя которые декоративные композиции придают интерьеру удивительный шарм. Каждое из направлений может быть актуальным сегодня. Особую роль в новогоднем оформлении играют соответствующие предметы декора и атрибутика [1–4].

Традиционно главным и центральным предметом считается елка, украшенная игрушками. Однако, если еще недавно внутренний мир

новогоднего помещения наполнялся запахами леса и в нем располагалась живая елка с яркими шарами, звездами, сосульками, конфетами, то в современном прочтении праздничная елка может быть представлена в совершенно непривычном виде и форме. Эта тенденция обусловлена желанием гармонично вписать декоративные предметы в стиль или комбинацию стилей, используемых в дизайне интерьера (рис. 1).

Стоит отметить, что новогоднее дерево и пространство вокруг него может быть дополнено различными интересными предметами, такими как подсвечники, статуэтки, скульптуры, арт-объекты, что в совокупности создает сложную дизайн-композицию и особую среду (рис. 2).



Рис. 1. Примеры новогоднего дизайна интерьера



Рис. 2. Примеры сложной новогодней дизайн-композиции

Иногда интерьер выстраивается вокруг одного предмета, который служит отправной точкой для всего проекта, он становится стилепределяющим или имиджеобразующим ядром

композиции [5–7]. В оформлении современного интерьера, подразумевающим создание эргономичного и эстетически привлекательного объема, находится место для ювелирных компози-

ций и драгоценных сувениров. Однако традиционное новогоднее оформление не всегда гармонично сочетается с минималистичными интерьерами, соответственно елка также подбирается или создается для определенного пространства.



Рис. 3. Примеры декорирования елки

Неслучайно в последние годы возник запрос на дизайнерские новогодние игрушки и одним из направлений выделяются игрушки и сувениры из драгоценных материалов. Подобные новогодние украшения являются важными акцентными деталями, и по своему смыслу их можно сравнить с ювелирными изделиями, которые украшают и несут определенную информацию об их владельце.

На рубеже XIX и XX вв. драгоценные украшения интерьера, подарки и сувениры широко использовались в жилых помещениях и кабинетах в качестве презентационных предметов, выполняющих функцию визитной карточки хозяина. Мелкая пластика, небольшие скульптуры, выполненные из натурального камня, дополненные вставками из драгоценных металлов, камней, самоцветов, составляли ювелирные композиции, частью которых могли быть и функциональные утилитарные предметы, такие как шкатулки, вазоны, рамки для фотографий, часы. Рассматривая подобные произведения мастеров прошлого, описанные в трудах Л. Кузнецовой, Т. Мунтян, В. Скурлова, Т. Фаберже [11–16], можно увидеть художественные и технологические подходы к декорированию предметов интерьера. Сегодня же, когда дополнительные материалы в ювелирных изделиях сочетаются с драгоценными необыкновенно органично, можно предположить, что допустимо и уместно и в интерьерных композициях и украшениях соединить драгоценные металлы

(рис. 3). Цвет, материал и конструкция подчиняются стилю и, конечно, возникает необходимость в декорировании самой елки, где елочные украшения также подбираются с учетом стиля [8–10].

с простыми и яркими, но недорогими, сохраняя стилистику и делая ставку на уникальный и свежий дизайн.

Современные ювелирные технологии позволяют создать удивительные новогодние предметы для праздничной елки и интерьера. Сам металл может быть представлен не только традиционными золотом и серебром, но и алюминием, титаном, сложными сплавами. Поскольку подобных аналогов в новогодних украшениях не так много, стоит обратить внимание на работы мастеров-ювелиров. Потрясающие украшения Дома Hemmerle (рис. 4) отличает легкость в сочетании драгоценных камней с анодированным алюминием и тончайшей проработкой деталей, что является важнейшим качеством елочных игрушек.



Рис. 4. Изделия Дома Hemmerle

Легкость и пластичность – характерные черты титана. В последнее время этот материал покоряет ювелиров и поклонников цветных украшений [17, 18]. Колористические возможности титана обыгрывает в своих футуристических украшениях Евгений Данилов. Максим Балдин использует титан для создания виртуозных конструкций. Сложные, динамичные решения в титановых украшениях от марки EPIC

Jewellery (рис. 5) раскрывают уникальные свойства этого материала.

Украшения с титаном прославили таких ювелиров, как британец Гленн Спиро и швейцарский мастер Сюзанн Сиз. Известный во всем мире ювелир Уолес Чан (Китай) осыпает титановые поверхности россыпями самоцветов, получая эффект праздничного фейерверка (рис. 6).



Рис. 5. Изделия компании EPIC Jewellery (титан, золото, бриллианты)



Рис. 6. Работы ювелира Уолеса Чана

Деликатные и изысканные броши российского ювелира Владимира Маркина напоминают о нежности растений России (рис. 7). В брошах сочетаются титан, золото, жемчуг, хризолит, янтарь, рубин, абrikосовое дерево, бриллианты, сапфиры и т. д. Маркин смело сочетает драгоценные камни и металлы с теми материалами, которые позволяют максимально точно передать качество изображаемого растения и, безусловно, образы считаются зрителем так же уверенно, как и яркие, насыщенные работы Уолеса Чана. Разный стилистический подход и абсолютно разное настроение, выраженное каждым из художников, говорят об удивительных свойствах материалов, подчиненных идее автора. Блеск драгоценных ограненных вставок не соперничает с матовой полупрозрачностью янтаря, а выражает другое по качеству свойство – мягкость, натуральность и притягательность. Каждая идея имеет своего зрителя и уместна на рынке в зависимости от той среды,

в которую погружена, и той целевой аудитории, для которой предназначена.

Выбирая технологии для изготовления игрушек, рассматриваем такие как 3D-технологии, лазерная резка, гравировка, гальванопластика, а также ручное изготовление или его сочетание с современными технологиями. В компанию к драгоценным, предложим различные материалы: дерево, пластик, стекло, фарфор, эпоксидные смолы, композитные материалы и др. Также большой выбор палитр эмалей, как холодных, так и горячих, дает простор для интересных цветовых решений и акцентов. Всевозможные гальванические покрытия и особо популярные сейчас нанокерамические покрытия могут дать практически любой цвет предмету. Все это позволяет создать интересные драгоценные новогодние украшения, которые гармонично вписываются в стилистическое пространство и отвечают требованиям современного дизайна.



Рис. 7. Броши Владимира Маркина

По итогу размышлений на тему драгоценных новогодних украшений в современном интерьере можно предложить ряд рекомендаций для проектирования и создания подобных изделий. Благодаря разнообразию самих ювелирных материалов и вариативности технологий изготовления можно создавать интересные дизайнерские новогодние предметы декора с учетом общего стиля интерьера:

- *Скандинавский стиль* предполагает минималистичные и лаконичные изделия, несущие ощущение комфорта и гармонии. Сочетание металла с естественными материалами, например: светлое или тонированное дерево без лака или с матовым лаком в сочетании со светлым металлом – серебро, алюминий или титан. В этом стиле лучше будут смотреться неблестящие поверхности металла, например, сатинированные, матированные, обработанные пескоструйно. Акцентом могут служить цветочные пятна натуральных оттенков, оттенков земли, природные цвета, с этим хорошо справится ювелирная эмаль или непрозрачные натуральные поделочные и полудрагоценные камни или матовое стекло.
- *Эко-стиль*. Очень схож со скандинавским. Простые по форме и лаконичные изделия с ощущением осознанности, мягкости и естественности. Для этого интерьера уместно использовать различные текстуры и фактуры, например, имитации ткани, рогожки, различных плетений, природных поверхностей, которые создают ощущение натуральности, уюта и тепла. Например, такая ювелирная техника, как скань, может мягко дополнить материалы, поддерживающие эти ощущения. Цветовая гамма теплая и спокойная, подойдут такие металлы, как латунь, медь, серебро с оксидированной и слегка расчищенной поверхностью. Отсутствие цветовых акцентов, бежевая цветовая гамма, из дополнительных здесь могут быть белые и зеленые цвета в виде вставок из дерева, натуральных непрозрачных камней, однотонной глухой эмали.

- *Минимализм*. Утонченные, сдержанные и функциональные изделия с ощущением комфорта и эргономичного удобства. Здесь важна геометрия, натуральность и нейтральность. В декоре это может выражаться в использовании светлых металлов (латунь, серебро, алюминий, титан). Монохромная цветовая гамма преобладает, цвет заменяется на мягкие текстуры, сформированные различными финишными операциями. Могут присутствовать колористические акценты, в виде эмали или нанокерамического покрытия. Дополнительные материалы: дерево, стекло, мрамор, камни серых или дымчатых оттенков, синтетические вставки простых огранок.

В интерьере достаточно одного или всего лишь несколько украшений для создания новогоднего настроения. В этом случае стильобразующее изделие будет крупным или ярким, запоминающимся, притягивающим взгляд. Подобные изделия могут украшать интерьер не только в праздник.

- *Хай-тек*. Изделия схожи с описанием минималистического направления, но здесь, кроме матового, активно используется блестящий металл (сталь, серебро, титан) белых, серых, графитных цветов с точечным добавлением черного цвета либо локально черный. Оксидирование, различные гальванические покрытия на основе родия, рутенирование, нанокерамические покрытия помогут придать поверхности нужный оттенок. Прозрачные и полупрозрачные поверхности из стекла, керамики, эмали, прозрачных камней дополнят конструкции из металла.
- *Индустриальный стиль (лофт)*. Это более контрастные и брутальные изделия, они так же лаконичны, но с добавлением ноток уюта и «ламповости». Здесь могут быть более смелые и контрастные решения, сочетания теплого и холодного, необработанных грубых поверхностей и блеска, спокойной цветовой гаммы с яркими акцентами. Применение натуральных материалов в своем естест-

венном виде отлично поддержит индустриальный стиль. Это могут быть различные природные камни, стекло, кирпич, бетон или его имитация. Различные металлы нарочито грубой обработки в сочетании с полированным блеском придадут стилю дополнительные оттенки. Здесь могут быть самые различные металлы как по происхождению, так и цвету: медь, латунь, золото, серебро, сталь, алюминий, титан и даже чугун. Камни также могут быть как прозрачные, так и непрозрачные, различной огранки или с отсутствием ее. Например, такой камень, как янтарь, может дать характерную легкость, натуральность и теплоту изделию и в комплекте с четкими линиями конструкций произведет неожиданный эффект. Благодаря ювелирной эмали можно создать интересные цветовые яркие акценты, пластик и эпоксидные смолы позволят создать невесомые зрительно, но надежные конструкции.

– *Современный классический стиль (неоклассика)*. Это классические изделия, адаптированные к новым тенденциям, элегантные, утонченные, изысканные в деталях. Отличительные черты: симметрия, выверенность, элегантная роскошь, мягкая светлая цветовая гамма в сочетании со сложными цветовыми акцентами изумрудного, синего, бордового, пыльно-розового, голубого. Здесь можно использовать благородные и драгоценные ювелирные материалы или их имитацию. Такие металлы, как латунь, бронза и золото прекрасно подойдут для новогоднего декора в этом стиле, гальванические покрытия также могут дать нужный роскошный цвет. Поверхность металла может быть блестящей или матовой в зависимости от образа, необходимого в данном интерьере. Вставками из натурального дерева, различных камней благородного цвета, кристаллов, эмалей можно смело украшать изделия. Также здесь уместны скульптурные и рельефные элементы и более сложные орнаментальные решения.

Ювелирные новогодние украшения для праздничной елки и интерьера, благодаря долговечности благородных материалов и художе-

ственной ценности, являются не только декором: это изделия вне времени, которые могут из года в год украшать дом, быть семейной реликвией, необычным драгоценным подарком, VIP-сувениром, предметом коллекционирования, произведением ювелирного искусства.

Создавая новогоднюю игрушку или интерьерную ювелирную композицию, стоит очень четко определить характер и стиль компонентов дизайна интерьера. Только полное понимание функции драгоценного украшения и возможностей материалов позволят создать максимально востребованный и эстетически притягательный продукт.

ВЫВОДЫ

1. Новогоднее оформление современного интерьера претерпевает серьезные изменения. В связи с высокой востребованностью стилеобразующих и дополняющих стиль украшений, традиционные новогодние игрушки не всегда удовлетворяют спрос потребителя.

2. Художественное решение украшений для новогодней елки может быть более сдержанным как по цветовой гамме, так и по конструктивному решению. Тематика игрушек сохраняется, но к классическим решениям объемно-пространственных форм добавляются более сдержанные и лаконичные с уклоном в минимализм и конструктивизм.

3. Наряду с обычными для новогоднего украшения материалами, такими как стекло, бумага, папье-маше, в дизайн игрушки вливаются драгоценные и нетрадиционные материалы. По мере роста популярности ювелирных композиций в интерьере возникает необходимость в производстве уникальных произведений, сочетающих в себе как художественную выразительность, лаконичность, образность, так и великолепное ювелирное мастерство.

4. Использование при создании новогодних украшений ювелирных техник и драгоценных материалов в сочетании с титаном, алюминием, фарфором, стеклом позволит придать изделиям статус VIP-сувенира и предмета для коллекционирования. При этом максимальную ценность составит именно идея, образное и пластическое решение продукта и соответствие стилю.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн, материалы и технология изготовления современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 183 с.
2. Безденежных А. Г., Заева Н. А., Каргина С. И. Ювелирный гарнитур как продукт синтеза ювелирной техники и 3D-проектирования // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2015. Т. 30, № 4. С. 125–131.

3. Сильянова Е. А., Галанин С. И. Стиль модерн в современных ювелирных украшениях // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2018. № 2(50). С. 25–29.
4. Беннет Д., Маскетти Д. Ювелирное искусство : иллюстрированный справочник по ювелирным украшениям. М. : Арт-родник, 2005. 493 с.
5. Быстрова Т. Ю. Вещь. Форма. Стиль: Введение в философию дизайна. Екатеринбург : Изд-во Уральск. ун-та, 2001. 288 с.
6. Галанин С. И., Котова К. В. Модные тренды и бижутерия // *Технологии и качество*. 2019. № 2(44). С. 26–34.
7. Максимова-Анохина Е. Н. Понимание формы и приемы ее анализа при обучении дизайнеров ювелирных изделий // *Технологии и качество*. 2022. № 1(55). С. 53–58.
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. Каукина О. В., Аверьянова Т. А., Казачкова О. А. Разработка дизайна и технологии изготовления ювелирного украшения с использованием нетрадиционного материала // *Дизайн и технологии*. 2021. № 83-84(125-126). С. 13–19.
10. Колупаев К. Н. Новые направления в дизайне ювелирных изделий как следствие применения новых материалов и технологий // *Технологии и качество*. 2023. № 3(61). С. 44–50.
11. Михаил Перхин, ювелир фирмы Фаберже. Кавалеры ордена Михаила Перхина / В. Скурлов, Т. Фаберже, Е. Демкина, С. Квашнин. Женева. Фонд Фаберже, 2011. 186 с.
12. Костюк О. Шедевры европейского ювелирного искусства XVI–XIX веков из собрания Государственного Эрмитажа. СПб. : Изд-во Гос. Эрмитажа, 2010. 264 с.
13. Кузнецова Л. Петербургские ювелиры. XIX век. Дней Александровых прекрасное начало. М. : Центрполиграф, 2012. 319 с.
14. Музей Фаберже в Санкт-Петербурге. СПб. : Культурно-исторический фонд «Связь времен», 2014. 33 с.
15. Мунтян Т. Фаберже. Великие ювелиры России. М. : Юрайт, 1994. 476 с.
16. Скурлов В., Фаберже Т., Илюхин В. К. Фаберже и его продолжатели: камнерезные фигурки «Русские типы» : монография / под ред. В. Скурлова. СПб. : Лики России, 2009. 640 с.
17. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
18. Галанин С. И., Романов А. А. Дизайн и технологии изготовления украшений с нетрадиционными и нестандартными материалами // *Технологии и качество*. 2025. № 2(68). С. 43–48.

REFERENCES

1. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design, materials and manufacturing technology of modern jewelry and art products: monograph. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2014. 183 p. (In Russ.)
2. Bezdenezhnyh A. G., Zaeva N. A., Kargina S. I. Jeweler set as synthesis product jeweler equipment and 3d design. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya lyogkoj promyshlennosti* [The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry]. 2015;30,4:125–131. (In Russ.)
3. Silyanova E. A., Galanin S. I. Art Nouveau Style in modern jewelry. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2018;2(50):25–29. (In Russ.)
4. Bennett D., Maschetti D. Jewelry Art: An Illustrated Guide to Jewelry. Moscow, Art-Rodnik Publ., 2005. 493 p. (In Russ.)
5. Bystrova T. Yu. Thing. Form. Style: Introduction to the Philosophy of Design. Yekaterinburg, Ural Univ. Publ., 2001. 288 p. (In Russ.)
6. Galanin S. I., Kotova K. V. Modnye trendy i bizhuteriya. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;2(44):26–34. (In Russ.)
7. 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.)
8. Zaeva N. A., Bezdenezhnyh A. G. Design of modern jewelry with preparation of design and technological documentation. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2017. 91 p. (In Russ.)
9. Kaukina O. V., Aver'yanova T. A., Kazachkova O. A. Development of design and technology for manufacturing jewelry using non-traditional. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2021;83-84 (125-126):13–19. (In Russ.)

10. Kolupaev K. N. New trends in jewelry design as a result of the use of new materials and technologies. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality. 2023;3(61):44–50. (In Russ.)
11. Skurlov V., Faberge T., Demkina E., Kvashnin S. Mikhail Perkhin, Faberge's Jeweler. Recipients of the Order of Mikhail Perkhin. Geneva, Faberge Foundation, 2011. 186 p.
12. Kostyuk O. Masterpieces of European Jewelry Art of the 16th–19th Centuries from the Collection of the State Hermitage Museum. Saint-Petersburg, State Hermitage Museum Publ., 2010. 264 p.
13. Kuznetsova L. St. Petersburg Jewelers. The 19th Century. The Beautiful Beginning of Alexander's Days. Moscow, Tsentrpoligraf Publ., 2012. 319 p. (In Russ.)
14. The Faberge Museum in St. Petersburg. St. Petersburg, The Connection of Times Cultural and Historical Foundation, 2014. 33 p.
15. Muntian T. Faberge. Great Russian Jewelers. Moscow, Yurait Publ., 1994. 476 p. (In Russ.)
16. Skurlov V., Faberge T., Ilyukhin V. K. Faberge and His Successors: Stone Carvings of Russian Types. Saint-Peterburg, Liki Rossii Publ., 2009. 640 p. (In Russ.)
17. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B. Jewelry Manufacturing Technology. Moscow, SPM-Industriya Publ., 2017. 511 p. (In Russ.)
18. Galanin S. I., Romanov A. A. Design and Technology of Jewelry Making with Unconventional and Non-Standard Materials. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2025;2(68):43–48. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.09.2025
Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. А. Сынышева, магистрант

Н. А. Заева, доцент

А. Г. Безденежных, кандидат технических наук, доцент

Научная статья

УДК 684.4.059.5, 666.293, 671.2

EDN EQZEBU

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-92-98>

Елена Ивановна Фигуровская¹

Егор Михайлович Фигуровский²

Ирина Юрьевна Мамедова³

Анна Эдуардовна Дрюкова⁴

Ольга Александровна Зябнева⁵

¹ LenaZhukova2001@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-2876-2934>

² egorfigurovskij@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-9877-2742>

³ mamedova_umu@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-4538-664X>

⁴ amatush@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-9314-051X>

⁵ poltoziab@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4168-372X>

^{1,2,3,4,5} МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

ВЫБОР ЗАЩИТНЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ СТОЙКОСТИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. В статье рассматривается стойкость оптически прозрачных эпоксидных смол, сополимер-акрилата и витражной краски, используемых в качестве защитных и декоративных покрытий для металлических поверхностей, при воздействии внешних факторов. Проведено комплексное исследование влияния ультрафиолетового излучения на характеристики этих материалов. В ходе экспериментов оценивались такие параметры, как адгезия к металлу и гидрофобность покрытия. Особое внимание уделено долговечности покрытия при длительном воздействии ультрафиолетового излучения, что позволяет рекомендовать их для использования в изделиях с повышенными требованиями к износостойкости. Полученные результаты позволяют сделать вывод о сравнительных преимуществах и недостатках каждого из рассматриваемых материалов, а также об их пригодности для применения в условиях агрессивных сред. Выводы исследования могут быть полезны для выбора наиболее эффективных покрытий в дизайне ювелирных, бижутерных и прочих художественных изделий.

Ключевые слова: эпоксидная смола, адгезия, гидрофобность, износостойкость, УВ-излучение, декоративные покрытия, эмали, дизайн ювелирных изделий

Для цитирования: Выбор защитных и декоративных покрытий в дизайне ювелирных изделий с учетом стойкости к воздействию внешних факторов / Е. И. Фигуровская, Е. М. Фигуровский, И. Ю. Мамедова, А. Э. Дрюкова, О. А. Зябнева // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 92–98. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-92-98>.

Original article

Elena I. Figurovskaya¹

Egor M. Figurovsky²

Irina Y. Mamedova³

Anna E. Dryukova⁴

Olga A. Zyabneva⁵

^{1,2,3,4,5} MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

SELECTION OF PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS IN JEWELLERY DESIGN TAKING INTO ACCOUNT RESISTANCE TO THE IMPACT OF EXTERNAL FACTORS

Abstract. The article examines the durability of optically transparent epoxy resins, copolymer acrylate and stained-glass paint used as protective and decorative coatings for metal surfaces when exposed to external factors. A comprehensive study of the influence of ultraviolet radiation on the characteristics of these mate-

rials was carried out. During the experiments, parameters such as adhesion to metal and hydrophobicity of the coating were assessed. Particular attention is paid to the durability of the coating under prolonged exposure to ultraviolet radiation, which allows us to recommend them for use in products with increased wear resistance requirements. The results obtained allow us to draw a conclusion about the comparative advantages and disadvantages of each of the materials under consideration, as well as their suitability for use in aggressive environments. The findings of the study may be useful for choosing the most effective coatings in the design of jewellery, costume jewellery and other artistic products.

Keywords: epoxy resin, adhesion, hydrophobicity, wear resistance, UV radiation, decorative coatings, enamels, jewellery design

For citation: Figurovskaya E. I., Figurovsky E. M., Mamedova I. Y., Dryukova A. E., Zyabneva O. A. Selection of protective and decorative coatings in jewellery design taking into account resistance to the impact of external factors. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 92–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-92-98>.

В ювелирном производстве и при изготовлении бижутерии, мастера и специалисты используют различные защитно-декоративные покрытия. Наиболее востребованы и известны среди них чернь [1], так называемые горячие стекловидные эмали [2–4], а также в последнее время все большую популярность приобретают «холодные» эмали [5] на основе различных смол. Работа с чернью и горячими эмалями требует от мастера многолетнего опыта и профессиональных навыков, а также применения дорогостоящего специализированного оборудования, включающего нагревательные приборы и плавильные печи. Преимущества холодной эмали в том, что ее применение намного проще. Она не требует особых навыков нанесения, цвет состава практически не меняется при подготовке, изменении консистенции и окончательном отверждении, подготовка состава для нанесения занимает совсем мало времени, нагревательное оборудование при покрытии не используется. Несмотря на очевидные технологические преимущества, холодные эмали до конца не изучены, и их прочность, эстетичность и долговечность требуют дополнительных исследований.

Целью данной работы является определение прочностных и декоративных свойств покрытий на основе различных смол. В исследовании рассматриваются адгезия пленок с поверхностью металлической основы, их гидрофобность, а также устойчивость исследуемых свойств к воздействию внешних факторов.

Для определения устойчивости к старению было рассмотрено воздействие ультрафиолетового излучения на покрытия. Для исследования применили ускоренный метод испытания [6].

Методика проведения эксперимента

Для исследований выбрали следующие типы покрытий: две разновидности оптически прозрачных эпоксидных смол (с применением аминных отвердителей) Artline crystal epoxy

и Artline crystal honey epoxy, акриловую фотополимерную смолу UV Resin Hard, сополимер-акрилат Holy Rose Base и витражные краски Mixed Media-Vitrail. Для исследования выбраны составы с синим пигментом.

В качестве основы для нанесения покрытий использовали 15 медных пластин марки М1 размером 50×50 мм и толщиной 1,5 мм. Перед нанесением покрытий заготовки предварительно отжигали в течение 5 мин в муфельной печи при 700 °С, после чего обезжирили составом РППГ ТУ. На подготовленные пластины кистью равномерно нанесли исследуемые составы тонким слоем, после чего выдерживали до полного отверждения пленок в соответствии с техпроцессом.

Для определения толщины покрытий использовали толщиномер МВП-2М (рис. 1). Прибор аттестован в Госстандарте России (сертификат RU.C.27.003.A № 16288), зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 25869-03 и допущен к применению в Российской Федерации. Результаты измерений приведены в таблице 1.



Рис. 1. Толщиномер покрытий МВП-2М

Т а б л и ц а 1

Толщина исследуемых покрытий

Состав	Толщина покрытия, мкм	Образец
1. Artline crystal epoxy	445	
2. Artline crystal honey epoxy	493	
3. UV Resin Hard	653	
4. Holy Rose Base (сополимер-акрилат)	507	
5. Mixed Media-Vitrail (витражные краски)	52	

Заготовки с отвержденными пленками подвергали старению по следующей схеме: исследуемые образцы помещали в камеру и подвергали воздействию УФ-излучения в течение 4 мин. Затем лампу ототключали и 16 мин выдерживали образцы в камере без воздействия излучения. Эту схему выполняли 7 раз. Каждое испытание включает в себя 3 описанных цикла.

Определение стойкости к старению включает в себя измерение краевого угла смачивания (КУС) и энергии поверхностного натяжения пленки до и после воздействия ультрафиолетом. Исследования выполняли на установке Kruss DSA 25 (рис. 2).

Кроме того, выполняли оценку адгезии пленки к основе методом решетчатых надрезов с использованием многолезвийного ножа-адгезиметра Константа КН1 (рис. 3).

Оценку результатов выполняли по параметрам адгезии с поверхностью металла основы и гидрофобности, характеризующим качество защитного покрытия.



Рис. 2. Установка Kruss DSA 25



Рис. 3. Нож-адгезиметр Константа КН1

Гидрофобность покрытия и адгезия.

Краевым углом смачивания называют угол между твердой поверхностью основы и каплей жидкости, определяемый в точке соприкосновения. Показатель краевого угла смачивания характеризует степень межмолекулярного взаимодействия между частицами жидкости и частицами твердой поверхности основы.

Под смачиванием понимают взаимодействие между твердым и жидким веществами, при котором жидкость распределяется по твердой поверхности. Чем выше показатель смачивания, тем больше площадь контакта капли жидкости с твердым телом [7]. Смачивание связано с неравенством адгезии и сцепления. Адгезия формируется за счет сцепления молекул жидких и твердых материалов. Адгезия является свойством, противоположным когезии, которая формирует единство внутри вещества. При более сильной когезии капля жидкости стремится приобрести форму, близкую к шарообразной, при этом площадь ее контакта с твердой поверхностью уменьшается, и угол смачивания имеет может достигать 90° и более. Поверхности, при попадании на которые жидкости приобретают полукруглую форму, называют гидрофобными. Если силы адгезии превышают когезию внутри капли жидкости, то капля растекается по поверхности твердого вещества, образуя меньший угол смачивания. Капли, угол смачивания которых менее 60° , образуются на гидрофильных поверхностях. В качестве примера гидрофильной поверхности и малого угла смачивания можно рассмотреть капли воды на стекле или капли ртути на цинковой пластине. Если угол равен или близок к 0 , то говорят о полном смачивании поверхности и ее супергидрофильности [8].

Исследование гидрофобности проводили методом лежащей капли при температуре 20°C . На образцы наносили в течение 20 с дистиллированную воду с интервалом в 1 с. Результаты замеров для исследуемых покрытий приведены на рисунках 4–8.

На рисунке 9 приведены сравнительные результаты исследования гидрофобности холодных эмалей до и после старения. Как показали исследования, после воздействия ультрафиолетовым излучением гидрофобность большинства покрытий снизилась. Это связано с частичным разрушением поверхностного слоя покрытий, в результате которого поверхность покрывается тонким слоем продуктов распада, снижающих гидрофобность поверхности и значения краевого угла смачивания.

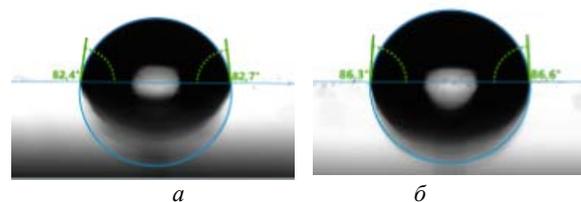


Рис. 4. Значения краевого угла смачивания Mixed Media-Vitrail до (а) и после (б) ускоренных испытаний

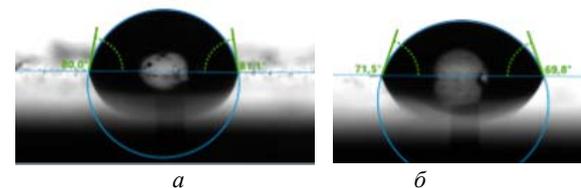


Рис. 5. Значения краевого угла смачивания Artline crystal honey epoch до (а) и после (б) ускоренных испытаний

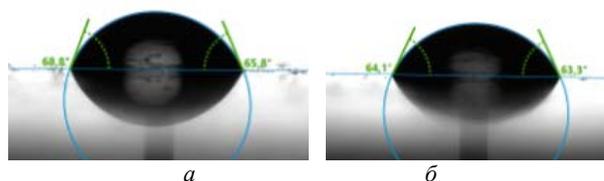


Рис. 6. Значения краевого угла смачивания Artline crystal epoch до (а) и после (б) ускоренных испытаний

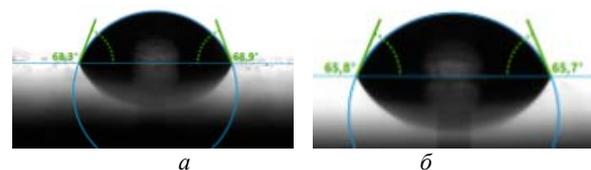


Рис. 7. Значения краевого угла смачивания Holy Rose Base до (а) и после (б) ускоренных испытаний

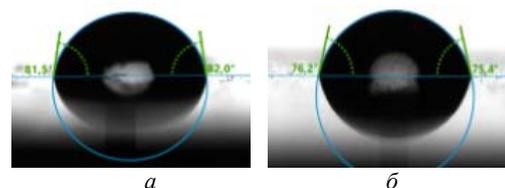


Рис. 8. Значения краевого угла смачивания UV Resin Hard до (а) и после (б) ускоренных испытаний

Оценка адгезии покрытия с металлом.

Оценку адгезии проводили согласно ГОСТ 31149–2014 [9]. На покрытиях выполняли серию перпендикулярных надрезов, вызывая в поверхностных слоях напряжения сдвига. Результат оценивали по целостности и прочности соединения слоя в зонах, прилегающих к надрезам. В таблице 2 приведены результаты исследований на прочность сцепления покрытий с основой.

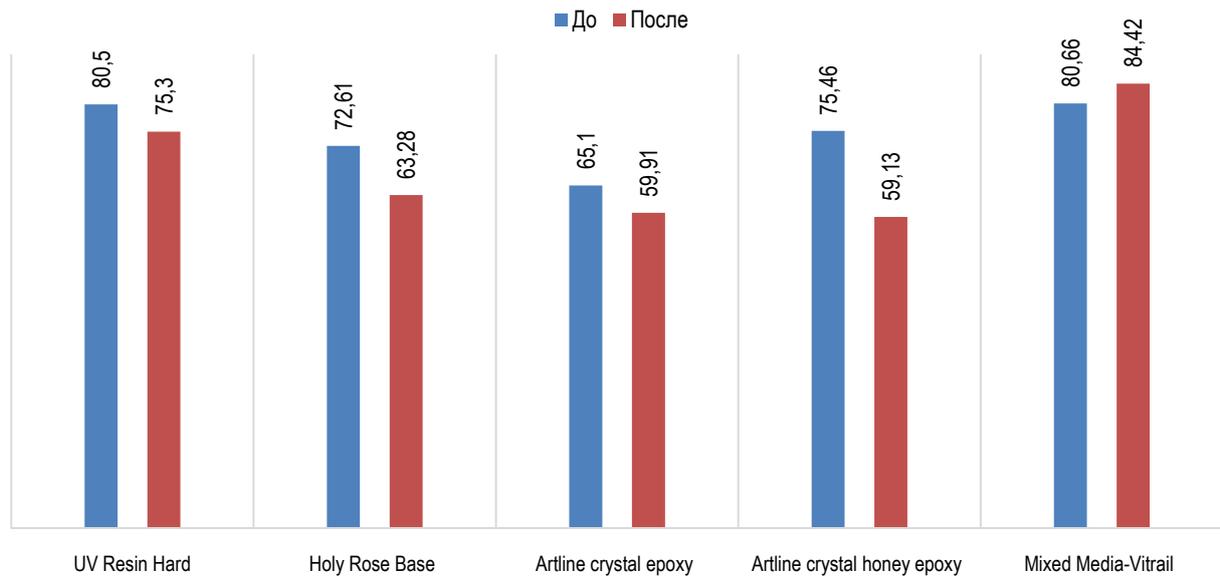
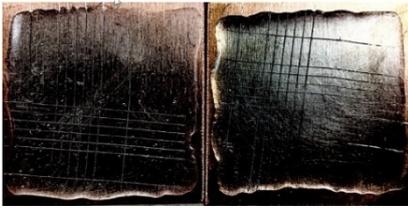
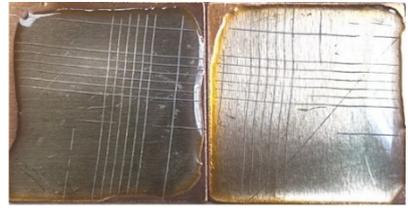
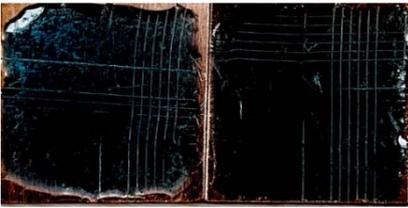
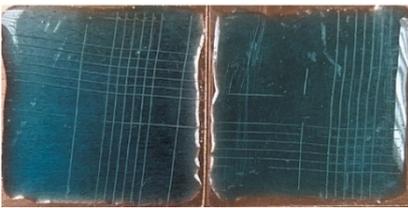


Рис. 9. Сравнение значений краевого угла смачивания составов до и после испытаний

Т а б л и ц а 2

Оценка адгезии покрытий

Состав	Образец до и после испытаний	Оценка
1. Holy Rose Base (сополимер-акрилат)		0/0
2. UV Resin Hard		0/0
3. Artline crystal epoxy		0/0
4. Artline crystal honey epoxy		0/0
5. Mixed Media-Vitrail		1/1

Оценка показала, что все составы имеют высокий показатель адгезии с поверхностью и не отслаиваются от поверхности основы при разрушении, что связано с высокой эластичностью пленок. Состав Mixed Media-Vitrail (витражные краски), изначально имеющий более низкий показатель адгезии, также имеет тенденцию к снижению адгезии и после испытаний на старение.

Результаты эксперимента. Исследование посвящено оценке устойчивости состаренных холодных эмалей на основе различных составов к внешним воздействиям. Старение проводили ускоренным методом путем УФ-облучения образцов ультрафиолетовой ртутной лампой с длиной волны 254...360 нм. Оценка результатов выполняли по характеристикам, которые наиболее важны для эксплуатационных свойств ювелирных и бижутерных изделий, в дизайне которых применяют защитно-декоративные покрытия – по адгезии с поверхностью металла и по гидрофобности.

Исследования показали, что в результате ультрафиолетового старения уменьшается угол смачивания для большинства исследованных составов холодной эмали, что может свидетельствовать об изменении физических и химических свойств поверхностных слоев покрытий. Наибольшую степень снижения гидрофобности показали покрытия на основе составов Holy

Rose Base и Artline crystal honey epoxy. Состав Mixed Media-Vitrail показал рост краевого угла смачивания. Наиболее качественные остаточные значения показали составы: UV Resin Hard и Mixed Media-Vitrail.

Выявлено, что адгезионная прочность испытываемых образцов не изменяет своих показателей после старения и остается высокой.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, составы Mixed Media-Vitrail, Artline crystal epoxy, Artline crystal honey epoxy, UV Resin Hard и Holy Rose Base (сополимер-акрилат) могут быть рекомендованы для холодного эмалирования художественных изделий из металлов, в том числе применяться в дизайне ювелирных изделий и элитной бижутерии. Наибольшей устойчивостью к УФ-излучению обладают составы: Mixed Media-Vitrail, Holy Rose Base и Artline crystal epoxy.

Для сохранения адгезионных свойств и улучшения гидрофобности покрытия можно рекомендовать Mixed Media-Vitrail.

Результаты и рекомендации, полученные в ходе исследования, могут быть применены в дизайне ювелирных, бижутерных и других художественных изделий, а также для расширения технологических возможностей указанных составов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. А. с. № 159083 А1 СССР, МПК С23С 22/78. Способ нанесения черни на изделия : № 787433/22-2 : заявл. 16.07.1962 : опублик. 22.11.1963 / Я. М. Каневский, П. Ф. Смирнов.
2. 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.
3. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные способы горячего эмалирования // Дизайн и технологии. 2019. № 69(111). С. 6–16.
4. Галанин С. И., Рыбакова И. В. Современные российские ювелирные эмали // Дизайн и технологии. 2023. № 95(137). С. 122–128.
5. Галанин С. И., Лебедева Т. В. Защитно-декоративные покрытия в ювелирном производстве : учеб. пособие. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2014. 138 с.
6. ГОСТ 9.401–2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. М. : Стандартинформ, 2019. 124 с.
7. Калмыков В. В., Медведева Е. А., Конозобко Р. А. Способы оценки краевого угла методом лежащей капли // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2020. № 1(28). С. 51–56. URL: <https://nto-journal.ru/catalog/mashinostroenie/754> (дата обращения: 01.08.2025).
8. Киселев М. Г., Савич В. В., Павич Т. П. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях // Наука и техника. 2006. № 1. С. 38–41.
9. ГОСТ 31149–2014 (ISO 2409:2013). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза. М. : Стандартинформ, 2014. 17 с.

REFERENCES

1. Kanevskij Ya. M., Smirnov P. F. The method of applying black burnt mastic to the product. Copyright certificate No. 159083 A1 of the USSR, IPC C23C 22/78.: No. 787433/22-2.
2. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamel making: from the middle ages to the present. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):32–38. (In Russ.)
3. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative methods of hot enameling. *Dizayn i tekhnologii* [Design and technologies]. 2019;69(111):6–16. (In Russ.)
4. Rybakova I. V., Galanin S. I. Modern Russian jewelry enamels. *Dizayn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2023;95(137):123–128. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Lebedeva T. V. Protective and decorative coverings in jewelry production. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ., 2014. 138 p. (In Russ.)
6. *GOST 9.401–2018. Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya lakokrasochnye. Obshchie trebovaniya i metody uskorennyh ispytaniy na stojkost' k vozdeystviyu klimaticheskikh faktorov* [State Standard 9.401–2018. Unified system of protection against corrosion and aging. Paint and varnish coatings. General requirements and methods of accelerated tests for resistance to climatic factors]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 124 s. (In Russ.)
7. Kalmykov V. V., Medvedeva E. A., Konozobko R. A. Methods for assessing the contact angle by the method of lying drop. *Elektronny journal: nauka, tekhnika i obrazovanie* [Science, technology and education]. 2020;1(28):51–56. URL: <https://nto-journal.ru/catalog/mashinostroenie/754> (accessed: 01.08.2025).
8. Kiselev M. G., Savich V. V., Pavich T. P. Determination of contact wetting angle on flat surfaces. *Nauka i tekhnika* [Science and technology]. 2006;1:38–41. (In Russ.)
9. *GOST 31149–2014 (ISO 2409:2013) Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom reshetchatogo nadreza* [State Standard 31149–2014 (ISO 2409:2013). Paint and varnish materials. Determination of adhesion by the lattice incision method]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 17 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 24.08.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Е. И. Фигуровская, магистрант

Е. М. Фигуровский, магистрант

И. Ю. Мамедова, кандидат технических наук, доцент

А. Э. Дрюкова, кандидат технических наук, доцент

О. А. Зябнева, 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.

Подробную информацию по оформлению статьи

и составлению списка источников см.:

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

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2025 – № 4(70)

ДЕКАБРЬ

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 01.12.2025. Дата выхода в свет 19.12.2025. Формат бумаги 60×90 1/8.
Печать трафаретная. Печ. л. 13. Заказ 140. 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