

ISSN 2617-149X (print)  
ISSN 2617-1503 (online)



Витебский государственный  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Материалы и технологии

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
№ 1 (15), 2025



# Materials and Technologies

SCIENTIFIC JOURNAL  
№ 1 (15), 2025

УДК 67/68

ББК 37.2

Целью журнала «Материалы и технологии» (Materialy i tehnologii) является освещение, распространение и обсуждение основных результатов научных исследований в области конструкторского и технологического обеспечения промышленных производств по тематическим направлениям: машиностроение и машиноведение, техническая эстетика и дизайн.

Журнал способствует решению следующих задач: выявление научного потенциала для внедрения научных идей ученых, преподавателей, студентов, аспирантов и соискателей в практическую деятельность и образовательный процесс; пропаганда и распространение достижений науки; поддержание развития научно-кадрового потенциала учреждений образования и научных организаций; содействие формированию научных школ и направлений; повышение качества подготовки специалистов и научных кадров высшей квалификации; содействие молодым ученым в исследовательской работе и профессиональном росте; аprobация результатов исследований соискателей ученых степеней; создание условий для открытой научной дискуссии, способствующей повышению качества научных исследований.

Журнал основан в 2018 году.

Периодичность выхода журнала – два раза в год.

Рабочие языки журнала: русский, белорусский, английский.

Учредителем журнала, его собственником и издателем является учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

Адрес: 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72.

E-mail учредителя: vstu@vstu.by. E-mail журнала: mat-tech@vstu.by.

Контактный телефон: +375 212 49 53 38.

#### **Редакция журнала:**

**Кузнецов** главный редактор, д.т.н., профессор УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь  
**Андрей Александрович**

**Ванкевич** заместитель главного редактора, д.э.н., профессор УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь  
**Елена Васильевна**

**Беляков** ответственный секретарь, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь  
**Николай Владимирович**

#### **Члены редакционной коллегии по направлениям:**

##### **Машиностроение и машиноведение**

**Савицкий** ответственный редактор тематического направления, к.т.н., доцент,  
**Василий Васильевич** зав. кафедрой «Технология машиностроения» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

**Антонюк** д.т.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории металлургии в машиностроении научно-технического центра «Технологии машиностроения и технологическое оборудование» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Республика Беларусь  
**Владимир Евгеньевич**

**Басинюк** д.т.н., профессор, начальник научно-технического центра «Технологии машиностроения и технологическое оборудование» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Республика Беларусь  
**Владимир Леонидович**

**Гульяев** д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автомобильные дороги, основания и фундаменты» ФГБО УВО «Тверской государственный технический университет», Российская Федерация  
**Вадим Иванович**

**Жерносек** к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Теплоэнергетика» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь  
**Сергей Васильевич**

**Жигалов** д.т.н., доцент, директор ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси»,  
**Анатолий Николаевич** Республика Беларусь

Ковчур Андрей Сергеевич	к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Лустенков Михаил Евгеньевич	д.т.н., профессор, ректор УО «Белорусско-Российский университет», Республика Беларусь
Михайлов Михаил Иванович	д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Робототехнические системы» УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», Республика Беларусь
Ольшанский Валерий Иосифович	к.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплоэнергетика» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Попов Андрей Юрьевич	д.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» ФГАО УВО «Омский государственный технический университет», Российская Федерация
Попок Николай Николаевич	д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства» УО «Полоцкий государственный университет им. Е. Полоцкой», Республика Беларусь
Путеев Николай Владимирович	к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Пятов Владислав Владимирович	д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплоэнергетика» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Хейфец Михаил Львович	д.т.н., профессор, директор ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларусь», Республика Беларусь ГНУ

### **Техническая эстетика и дизайн**

Абрамович Наталья Анатольевна	ответственный редактор тематического направления, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Дизайн и мода» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Акиндинова Наталья Станиславовна	к.т.н., декан факультета дизайна УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Барсукова Наталия Ивановна	д.иск., профессор, главный научный сотрудник ФГБО УВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица», Российская Федерация
Бекк Наталья Викторовна	д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Промышленный дизайн» ФГБО УВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств им. А.Д. Крячкова», Российская Федерация
Горбунов Игорь Васильевич	к.иск., доцент, доцент кафедры «Дизайн» УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», Республика Беларусь
Довыденкова Вера Петровна	к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Конструирование и технология одежды и обуви» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Жукова Ольга Михайловна	к.иск., доцент, доцент кафедры «Изобразительное искусство» УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», Республика Беларусь
Казарновская Галина Васильевна	к.т.н., доцент, профессор кафедры «Дизайн и мода» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Ленску Яков Юрьевич	д.иск., доцент, зав. кафедрой «Теория и практика коммуникативного дизайна» УО «Белорусская государственная академия искусств», Республика Беларусь
Лихачева Вера Михайловна	профессор кафедры «Художественный текстиль» ФГБО УВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица», Российская Федерация

Лоллини Анна Дмитриевна	к.иск., зав. кафедрой «Изобразительное искусство» УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», Республика Беларусь
Мальгунова Надежда Александровна	к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технология и художественное проектирование трикотажа» ФГБО УВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Российская Федерация
Милеева Екатерина Сергеевна	к.т.н., ст. преподаватель кафедры «Дизайн и мода» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Петрухина Оксана Валерьевна	к.иск., доцент, зав. кафедрой «Анимация и медиадизайн» ФГБО УВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица», Российская Федерация
Самутина Наталья Николаевна	к.т.н., доцент, доцент кафедры «Дизайн и мода» УО «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь
Стрикелева Кристина Александровна	к.иск., доцент, профессор кафедры теории и практики коммуникативного дизайна УО «Белорусская государственная академия искусств», Республика Беларусь
Фуртай-Прокурина Ирина-Францисска Викторовна	д.иск., профессор, профессор кафедры «Культурология и искусство» ФГАО УВО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», Российская Федерация
Шифрин Александр Евгеньевич	к.иск., доцент, декан факультета научной, довузовской подготовки и дополнительного образования УО «Белорусская государственная академия искусств», Республика Беларусь

Журнал включен Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по технической отрасли науки (машиностроение и машиноведение) и искусствоведению (техническая эстетика и дизайн) решением коллегии ВАК от 28.05.2025 №7/5.

Выпуски журнала размещаются в электронных библиотеках и поисковых системах, а также индексируются в научометрических базах данных: eLibrary, CyberLeninka, Google Scholar, РИНЦ, Science Index, ResearchBib, Index Copernicus International (ICI), SciUp.

The purpose of the Materials and Technologies Journal (Materialy i tehnologii) is to highlight, disseminate and discuss the main results of scientific research in the field of design and technological support for industrial production in the following subject areas: Machine Building and Machine Science, Technical Aesthetics and Design.

The Journal contributes to solving the following tasks: identification of scientific potential for the implementation of scientific ideas of scientists, teachers, students, postgraduates, and applicants in practical activities and the educational process; propaganda and dissemination of achievements in sciences; supporting the development of scientific and personnel potential of educational institutions and scientific organizations; promoting the formation of scientific schools and directions; improving the quality of training of highly qualified specialists and scientific personnel; assistance to young scientists in research work and professional growth; testing the research results of applicants for academic degrees; creating conditions for open scientific discussion, contributing to the improvement of the quality of scientific research.

The Journal was founded in 2018.

The Journal is published twice a year.

The Journal accepts papers in Russian, Belarusian and English.

Vitebsk State Technological University is the founder, owner, and publisher of the Journal.

The address: 210038, Republic of Belarus, Vitebsk, prospect Moskovski, 72.

Founder's email: vstu@vstu.by. Journal's email: mat-tech@vstu.by.

Contact number: +375 212 49 53 38.

### **The Editorial Board:**

**Andrei A. Kuzniatsou** Editor-in-Chief, Dr. Sc. (Eng), Professor, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

**Alena V. Vankevich** Deputy Editor-in-Chief, Dr. Sc. (Econ), Professor, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

**Nikolay V. Belyakov** Editorial Board Chairperson, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at Technology of Machine Building Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus

### **Editorial Board members by area of expertise:**

#### **Machine Building and Engineering Science**

Vasili V. Savitsky Publication editor of the thematic area of expertise, Cand. Sc. (Eng), Head of Technology of Machine Building Department at Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus

Vladimir E. Antonyuk Dr. Sc. (Eng), Professor, Principal Researcher at Metallurgy in Machine Building Laboratory in the Scientific and Technical Center for Technologies of Machine Building and Technological Equipment (the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus), the Republic of Belarus

Vladimir L. Basinyuk Dr. Sc. (Eng), head of the Scientific and Technical Center for Technologies of Machine Building and Technological Equipment (the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus), the Republic of Belarus

Vadim I. Gulyaev Dr. Sc. (Eng), Professor, head of Highways, Foundations and Bases Department at Tver State Technical University, the Russian Federation

Sergey V. Zhernosek Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, head of Heat Power Engineering Department at Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus

Anatolij N. Zhigalov Dr. Sc. (Eng), Professor, Principal of the Institute of Technology of Metals of the NAS of Belarus, the Republic of Belarus

Andrei S. Kauchur	Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at Technology of Machine Building Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Mikhail E. Lustenkov	Dr. Sc. (Eng), Professor, Belarusian-Russian University, the Republic of Belarus
Mikhail I. Mikhailov	Dr. Sc. (Eng), Professor, head of Robotics Systems Department at Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus
Valery I. Olshansky	Cand. Sc. (Eng), Professor at Heat Power Engineering Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Andrey Yu. Popov	Dr. Sc. (Eng), Professor at the Metal-Cutting Machines and Tools Department, Omsk State Technical University, the Russian Federation
Nikolay N. Popok	Dr. Sc. (Eng), Professor, head of Technology and Equipment of Machinery Production Department at Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, the Republic of Belarus
Nikolai V. Puteev	Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at Technology of Machine Building Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Vladislav V. Pyatov	Dr. Sc. (Eng), Professor at Heat Power Engineering Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Mikhail L. Kheifetz	Dr. Sc. (Eng), Professor, Principal of the Institute of Applied Physics of the NAS of Belarus, the Republic of Belarus

#### Technical Aesthetics and Design

---

Natallia A. Abramovich	Publication editor of the thematic area of expertise, Cand. Sc. (Eng), Head of Design and Fashion Department at Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Natallia S. Akindzinava	Cand. Sc. (Eng), Dean of the Design Faculty, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Natalia I. Barsukova	Dr. Sc. (Arts), Professor, Principal Researcher at Stieglitz State Academy of Art and Design of St. Petersburg, the Russian Federation
Natalya V. Bekk	Dr. Sc. (Eng), Professor, head of the Industrial Design Department at Kryachkov State University of Architecture, Design and Arts of Novosibirsk, the Russian Federation
Igor V. Gorbunov	Dr. Sc. (Arts), Associate Professor at the Design Department, Masherov State University of Vitebsk, the Republic of Belarus
Vera P. Dovydenkova	Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, head of Design and Technology of Clothes and Footwear Department at Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Olga M. Zhukova	Cand. Sc. (Arts), Associate Professor at the Fine Arts Department, Masherov State University of Vitebsk, the Republic of Belarus
Galina V. Kazarnovskaya	Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Professor at the Design and Fashion Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Yakov Yu. Lensu	Dr. Sc. (Arts), Associate Professor, head of Theory and Practice of Communication Design Department at Belarusian State Academy of Arts, the Republic of Belarus
Vera M. Lihacheva	Professor at the Artistic Textile Department of Stieglitz State Academy of Art and Design of St. Petersburg, the Russian Federation
Anna D. Lollini	Cand. A., head of the Fine Arts Department, Masherov State University of Vitebsk, the Republic of Belarus

Nadezhda A. Malgunova	Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Technology and Artistic Design of Knitwear, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, the Russian Federation
Ekaterina S. Mileeva	Cand. Sc. (Eng), senior lecturer at the Design and Fashion Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Oksana V. Petrukhina	Cand. Sc. (Arts), Associate Professor, head of the Animation and Media Design Department, Stieglitz State Academy of Art and Design of St. Petersburg, the Russian Federation
Natallia N. Samutsina	Cand. Sc. (Eng), Associate professor at the Design and Fashion Department, Vitebsk State Technological University, the Republic of Belarus
Strikeleva Kristina	Candidate of Sciences (Cand. Sc.) in Arts, associate professor, professor at the Department of Theory and Practice of Communication Design (The Belarusian State Academy of Arts)
Irina-Francisca V. Foortai-Proskurina	Dr. Sc. (Arts), Professor at the Cultural Studies and Arts Department, Pushkin State University of Leningrad, the Russian Federation
Shifrin Alexander	Candidate of Sciences (Cand. Sc.) in Arts, associate professor, Dean of the Faculty of Scientific, Pre-University Training and Additional Education (The Belarusian State Academy of Arts)

The Journal is included by the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus in the list of scientific publications for publishing the results of dissertation research in the technical field of science (Machine Building and Machine Science) and art criticism (Technical Aesthetics and Design) by the decision of the Higher Attestation Commission board dated 28.05.2025 No. 7/5.

The Journal issues are posted in electronic libraries and search engines, and are also indexed in bibliometric databases: eLibrary, CyberLeninka, Google Scholar, RSCI, Science Index, ResearchBib, Index Copernicus International (ICI), SciUp.

**UDC 67/68**

**BBC 37.2**

© EI «VSTU», 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

### Машиностроение и машиноведение

- Триботехнические исследования дисперсных сред**  
B. B. Пятов, A. N. Голубев, A. K. Матвеев

- Анализ процесса движения нити при её сматывании с пакетов швейных и трикотажных машин**  
B. Г. Буткевич, Г. И. Москалев, Я. С. Иванов

- Метод повышения точности планетарных передач на основе спектрального анализа экспериментальной оценки и математического моделирования кинематических погрешностей**  
A. В. Капитонов, B. С. Дроздов

- Синтез структуры и свойств металломатричных композитов с наложением индукционного воздействия**  
O. A. Масанский, A. M. Токмин, A. P. Масанская

### Техническая эстетика и дизайн

- Фирменный стиль как позиционирование бренда**  
I. Л. Кириллова, Е. П. Апанасевич

- Проектирование элементов авторского стиля в дизайне интерьера салона красоты**  
M. Д. Медведева, Н. Н. Самутина

- Дизайн упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына»**  
A. В. Попова, B. A. Виноградова

- Исследование роли культурного кода в брендировании льносодержащего модного продукта**  
Н. С. Захарчук, Н. С. Акиндинова, Р. Ф. Салахов

## CONTENTS

### Machine Building and Engineering Science

- Tribological Studies of Dispersed Media**  
9 Vladislav V. Pyatov, Alexey N. Golubev, Andrey K. Matveev

- Analysis of the Process of Thread Movement During Its Unwinding from the Packages of Sewing and Knitting Machines**  
22 Vyacheslav G. Butkevich, Gennady I. Moskalev, Yaroslav S. Ivanov

- Method for Improving the Accuracy of Planetary Transmissions based on Spectral Analysis Experimental Evaluation and Mathematical Modeling of Kinematic Errors**  
29 Alexander V. Kapitonov, Vladislav S. Drozdov

- Synthesis of the Structure and Properties of Metal-Matrix Composites with the Imposition of Inductive Action**  
40 Oleg A. Masanskii, Alexander M. Tokmin, Alyona R. Masanskaya

### Technical Aesthetics and Design

- Corporate Identity as Brand Positioning**  
50 Irina L. Kirillova, Ekaterina P. Apanasevich

- Development of Elements of the Author's Style in the Interior Design of a Beauty Salon**  
61 Maria D. Medvedeva, Natallia N.

- Packaging Design for Jewelry Collection «Asvetnick Skaryna»**  
70 Alexandra V. Popova, Vladislava A. Vinogradova

- A Study of the Role of Cultural Code in Branding a Flax-Containing Fashion Product**  
79 Mikita S. Zakharchuk, Natalia S. Akindinova, Rasykh F. Salakhov

## Триботехнические исследования дисперсных сред

<sup>1</sup>В. В. Пятов,

<sup>1</sup>А. Н. Голубев,

<sup>2</sup>А. К. Матвеев

<sup>1</sup>Учреждение образования «Витебский государственный

технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Частное предприятие «Дубль-МК», г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Целью работы является разработка методик исследования триботехнических характеристик дисперсных сред, необходимых для проектирования формующего оборудования и инструмента. Статья содержит исторический обзор развития трибологии дисперсных сред, приведены ссылки на первоисточники основных идей. Кратко освещен вклад советских и белорусских исследователей, в том числе ученых нашего университета. Разработана и запатентована конструкция специализированного трибометра, проведены триботехнические исследования пластифицированных и чистых порошков. Показано, что для необратимо сжимаемых материалов закон Кулона-Амонтонса непригоден. Предложен нелинейный закон трения, основанный на трех инвариантных к напряжениям триботехнических характеристиках. Показано, как с помощью трибометра можно измерять эти коэффициенты, приведены результаты таких исследований для ряда уплотняемых дисперсных сред. Разработанные методики исследования триботехнических характеристик дисперсных сред неоднократно использовались при реальном проектировании формующего оборудования и инструмента и могут быть рекомендованы к практическому применению.

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, трибология, триботехника, дисперсная среда, порошок, пластификатор.

## Tribological Studies of Dispersed Media

<sup>1</sup>Vladislav V. Pyatov,

<sup>1</sup>Alexey N. Golubev,

<sup>2</sup>Andrey K. Matveev

<sup>1</sup>Educational institution "Vitebsk State Technological University",

Vitebsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Dubl-MK Unitary Enterprise, Vitebsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The aim of the work is to develop methods for studying tribological characteristics of dispersed media required for designing molding equipment and tools. The article contains a historical review of the development of tribological studies of dispersed media, and provides links to the original sources of the main ideas. The contribution of Soviet-period researchers and Belarusian researchers, including scientists from Vitebsk State Technological University, is briefly described. The design of a specialized tribometer is developed and patented, tribological studies of plasticized and pure powders are performed. It is shown that the Coulomb-Amonton law is unsuitable for irreversibly compressible materials. A nonlinear law of friction based on three stress-invariant tribological characteristics has been proposed. The article describes how these coefficients can be measured using a tribometer. The results of such studies for a number of compacted dispersed media are presented. The developed methods for studying tribological characteristics of dispersed media have been repeatedly used in the actual design of molding equipment and tools and can be recommended for practical application.

**Keywords:** friction, friction coefficient, tribology, tribotechnics, dispersed medium, powder, plasticizer.

### ВВЕДЕНИЕ

Проектирование формующего оборудования и инструмента в порошковой металлургии и смежных областях требует знания некоторых физических и технологических характеристик уплотняемой дис-

перской среды. Перед проведением конструкторских расчетов необходимо измерить коэффициенты внешнего и внутреннего трения, коэффициент бокового давления и исследовать уплотняемость формуемого материала.

Целью работы является разработка методик исследования триботехнических характеристик дисперсных сред, необходимых для проектирования формующего оборудования и инструмента. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. С помощью изучения и анализа научно-технической литературы провести обзор развития трибологии дисперсных сред.
2. На основе нелинейного закона трения разработать методики определения коэффициента бокового давления, коэффициентов внешнего и внутреннего трения.
3. С использованием разработанных методик экспериментально определить триботехнические характеристики для ряда уплотняемых дисперсных сред.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Дисперсная среда состоит из мелких частиц, перемещающихся при ее деформировании не только по отношению к формирующему инструменту, но и по отношению друг к другу. Из-за этого энергия, затраченная на деформацию, рассеивается как снаружи, так и внутри материала, причем вторая составляющая может значительно превосходить первую. Примерами дисперсных сред могут служить металлические и керамические порошки, гранулированные материалы, измельченные полимерные отходы.

Под триботехническими характеристиками понимают коэффициенты, используемые при описании процессов, связанных с трением. К ним относят коэффициент сцепления, коэффициенты внутреннего и внешнего трения (скольжения и покоя), а также коэффициенты, используемые в нелинейных законах трения.

Рассчитать теоретически коэффициенты трения порошкового материала довольно сложно. Связано это с сильной их зависимостью от удельного давления. Для коэффициента внешнего трения получено [1–2] расчетное соотношение

$$\mu = (\tau_0 \zeta) / p + \beta + \operatorname{tg} \theta, \quad (1)$$

где  $\tau_0$  – прочность на срез молекулярных связей;  $p$  – удельное давление прессования;  $\zeta$  – относительная площадь контактов порошка с поверхностью;  $\beta$  – коэффициент, отражающий увеличение прочности молекулярных связей с ростом давления;  $\theta$  – параметр, характеризующий геометрические особенности поверхности трения.

Расчеты, произведенные по этой формуле, хорошо совпали с экспериментальными результатами [3].

Триботехнические характеристики порошков обычно измеряют на трибометрах с цилиндрическим

пуансоном [4]. Порошок сжимают в прессформе, один из пуансонов которой может вращаться. Измеряя вращающий момент, необходимый для начала поворота пуансона, вычисляют коэффициенты внешнего и внутреннего трения.

Недостатком трибометра с цилиндрическим пуансоном является неравномерность распределения скоростей скольжения в радиальном направлении. При вычислении коэффициентов трения проводят интегрирование по радиусу пуансона, что ведет к усреднению скоростей скольжения. Такой прием дает методическую погрешность измерения, особенно заметную при исследовании трения покоя, когда скорость вращения очень мала.

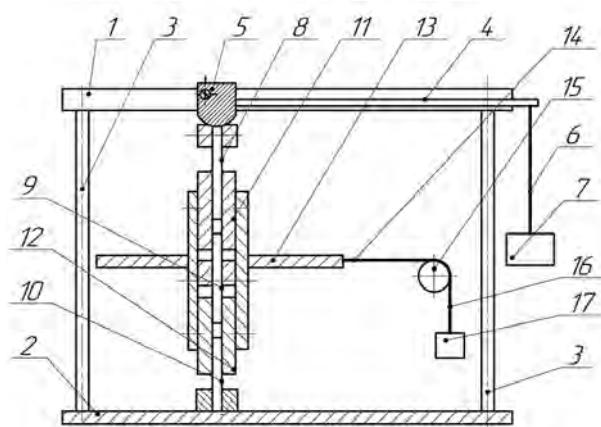
Частично избавиться от этого недостатка можно с помощью кольцевого трибометра. В нем рабочая зона представляет собой кольцо, что позволяет исключить влияние центральной части пуансона. Неравномерность скоростей значительно уменьшается [5–6]. Коэффициенты сцепления, требующие измерений при очень малых скоростях и давлениях, удобнее исследовать на приборе с параллельными пластинаами, одна из которых подвижна [7].

Как известно, дисперсный материал передает приложенное к нему давление в разных направлениях по-разному. Количественно это явление характеризует коэффициент бокового давления. Он широко используется в технических расчетах на прочность и износостойкость формующего инструмента. Коэффициент бокового давления растет с увеличением плотности прессовки, но для разных материалов по-разному: чем пластичнее металл, тем в большей степени его величина связана с давлением прессования [8].

Попытки вычислить коэффициент бокового давления, исходя из физических свойств материала и технологических параметров процесса уплотнения, представляют чисто теоретический интерес, так как сводят проблему измерения одного параметра к ряду других [9].

Триботехнические свойства зависят не только от состава, но и от структуры материала. Структура дисперсной среды зависит от размера и формы ее частиц, а также от добавок, вводимых в порошок для улучшения его технологических свойств. Стандартные методики исследования применимы лишь для спеченных материалов, и то с некоторыми оговорками. Разработаны также нестандартные устройства и методики исследования свойств спеченных материалов, учитывающие некоторые особенности таких тел [10].

Для измерения триботехнических характеристик дисперсных сред был изготовлен прибор, устройство которого основано на изобретении [11] и изображено на рисунке 1.



1 – верхняя плита; 2 – нижняя плита; 3 – стойка; 4 – рычаг; 5 – боек; 6 – подвеска; 7 – гири; 8 – верхний пuhanсон; 9 – средний пuhanсон; 10 – нижний пuhanсон; 11 – верхняя матрица; 12 – нижняя матрица; 13 – диск; 14 – тросик; 15 – блок; 16 – подвеска; 17 – грузы

1 – upper plate; 2 – lower plate; 3 – strut; 4 – lever; 5 – plunger; 6 – hanging link; 7 – weights; 8 – upper punch; 9 – middle punch; 10 – lower punch; 11 – upper die; 12 – lower die; 13 – disk; 14 – pulley cable; 15 – pulley; 16 – hanging link; 17 – weights

Рисунок 1 – Схема трибометра

Figure 1 – Schematic view of tribometer

Трибометр предназначен для измерения коэффициентов внутреннего и внешнего трения дисперсных сред, а также исследования зависимости этих коэффициентов от напряженно-деформированного состояния в материале [12–13].

Прибор содержит станину, механизм нагружения, измерительный узел и механизм вращения подвижных деталей. Станина состоит из верхней 1 и нижней 2 плит, соединенных между собой стойками 3. На верхней плите закреплен механизм нагружения, а на нижней – установлен измерительный узел.

Механизм нагружения выполнен в виде рычага 4, на котором шарнирно закреплен боек 5, передающий усилие на измерительный узел своей сферической опорной поверхностью. Усилие к рычагу прикладывается с помощью подвески 6 с гирами 7. Передаточное отношение рычага может изменяться в пределах от 1:50 до 1:10 с интервалом 1/50 (то есть можно выбрать одно из пяти передаточных отношений: 1:50, 1:25, 3:50, 2:25 и 1:10). Для этого предусмотрена возможность дискретного перемещения бойка вдоль рычага с интервалом 10 мм (измерительный узел при этом перемещается на такое же расстояние по нижней плите).

Измерительный узел состоит из трех пuhanсонов (верхнего 8, среднего 9 и нижнего 10) и двух матриц (верхней 11 и нижней 12). Средний пuhanсон выполнен двусторонним и сопрягается одновременно с двумя матрицами. Такая конструкция позволяет исключить необходимость использования опорного подшипника и за счет этого увеличить точность измерений. Все пuhanсоны и матрицы изготовлены из одного и того же материала и имеют одинаковую шероховатость; это обеспечивает схожие условия трения на всех контактных поверхностях, что необходимо при некоторых измерениях. Прибор снабжен двумя комплектами пuhanсонов: с гладкими и рифлеными торцами (для исследования внешнего и внутреннего трения соответственно).

Механизм вращения подвижных элементов состоит из диска 13, тросика 14, блока 15 и подвески 16 с грузами 17. Ступица диска может закрепляться на любом из пяти подвижных элементов с помощью штифта. Блок установлен с возможностью поворота, что облегчает переналадку прибора при изменении передаточного отношения нагружающего рычага.

Исследование внешнего трения проводят с помощью гладких пuhanсонов. Порции материала помещают в верхнюю и нижнюю матрицы. С помощью рычажного пресса прибор нагружают осевым усилием  $P_z$ , создающим в материале нормальные напряжения  $\sigma = P_z / \pi r^2$  ( $r$  – радиус пuhanсонов). К среднему пuhanсону через диск прикладывают усилие  $F$ , создающее врачающий момент  $FR$  ( $R$  – радиус диска), достаточный для поворота пuhanсона. Этот момент уравновешивается силой трения материала о торцы пuhanсона:

$$FR = 4\pi r^3 dr \quad (2)$$

Касательные напряжения на поверхности трения

$$\tau = 3FR / 4\pi r^3. \quad (3)$$

Тогда коэффициент внешнего трения

$$f = \tau / \sigma = 3FR / 4P_z r. \quad (4)$$

Трение на боковой поверхности прессовки исследуют с помощью рифленых пuhanсонов, что исключает нежелательный в этом случае проворот материала.

Средний пuhanсон и нижняя матрица при проведении таких измерений могут отсутствовать, тогда верхняя матрица сопрягается непосредственно с нижним пuhanсоном. При сведенных пuhanсонах устанавливают нуль на индикаторе часового типа, регистрирующем высоту прессовки (на схеме не показан). Затем снимают верхний пuhanсон и в матрицу засыпают порцию порошка. После этого приклады-

вают необходимое давление и делают выдержку для выхода газов. Через тросик к диску прикладывают силу, необходимую для поворота матрицы.

Момент этой силы уравновешивает трение материала о боковую поверхность:

$$FR = 2\pi r^2 h \tau, \quad (5)$$

где  $h$  – высота прессовки в момент измерения. Отсюда находят касательные напряжения, действующие на боковой поверхности прессовки. Внутреннее трение исследуют также, но с использованием рифле-

ных пуансонов.

Зависимость коэффициентов внешнего трения от давления прессования и степени пластификации порошка представлена в таблицах 1–6, а зависимость коэффициентов внутреннего трения – в таблицах 7–12. Экспериментальные исследования проведены для порошков: медного ПМС-1 (ГОСТ 4960-2009), железного ПЖ4М3 (ГОСТ 9849-86), бронзового БрОФ-10-1 (ТУ 14-22-105-96), вольфрамового ПВН (ТУ 48-19-101-84) и порошка твердого сплава ВК8 (ГОСТ 3882-74). Пластификатор – парафин технический очищенный (ГОСТ 23683-89).

**Таблица 1 – Коэффициенты внешнего трения медного порошка ПМС-1**

**Table 1 – External friction coefficients of copper powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,35	0,28	0,23	0,19	0,15	0,13
100	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11
150	0,32	0,25	0,20	0,16	0,13	0,11
200	0,31	0,24	0,19	0,15	0,13	0,11
250	0,30	0,23	0,18	0,15	0,13	0,11
300	0,30	0,23	0,18	0,15	0,13	0,11

**Таблица 2 – Коэффициенты внешнего трения железного порошка ПЖ4М3**

**Table 2 – External friction coefficients of iron powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,32	0,25	0,20	0,16	0,13	0,12
100	0,31	0,24	0,19	0,15	0,12	0,11
150	0,30	0,23	0,18	0,14	0,12	0,11
200	0,29	0,22	0,17	0,13	0,12	0,11
250	0,28	0,21	0,17	0,13	0,12	0,11
300	0,28	0,21	0,16	0,13	0,12	0,11

**Таблица 3 – Коэффициенты внешнего трения порошка нержавеющей стали ПХ-30**

**Table 3 – External friction coefficients of stainless-steel powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,40	0,32	0,25	0,20	0,16	0,14
100	0,39	0,31	0,24	0,19	0,15	0,13
150	0,38	0,30	0,23	0,18	0,14	0,12
200	0,37	0,29	0,22	0,17	0,13	0,12
250	0,36	0,28	0,22	0,16	0,13	0,12
300	0,36	0,28	0,21	0,16	0,13	0,11

**Таблица 4 – Коэффициенты внешнего трения бронзового порошка БрОФ-10-1****Table 4 – External friction coefficients of bronze powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,28	0,22	0,18	0,15	0,13	0,12
100	0,27	0,21	0,17	0,14	0,12	0,11
150	0,26	0,20	0,16	0,13	0,12	0,11
200	0,25	0,19	0,15	0,13	0,12	0,11
250	0,24	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11
300	0,24	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11

**Таблица 5 – Коэффициенты внешнего трения порошка твердого сплава ВК8****Table 5 – External friction coefficients of carbide powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,48	0,38	0,30	0,23	0,17	0,15
100	0,47	0,37	0,29	0,22	0,16	0,14
150	0,46	0,36	0,28	0,21	0,15	0,13
200	0,45	0,35	0,27	0,20	0,14	0,13
250	0,44	0,34	0,27	0,19	0,14	0,12
300	0,44	0,34	0,26	0,19	0,13	0,12

**Таблица 6 – Коэффициенты внешнего трения вольфрамового порошка ПВН****Table 6 – External friction coefficients of tungsten powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,48	0,38	0,30	0,23	0,17	0,15
100	0,47	0,37	0,29	0,22	0,16	0,14
150	0,46	0,36	0,28	0,21	0,15	0,13
200	0,45	0,35	0,27	0,20	0,14	0,13
250	0,44	0,34	0,27	0,19	0,14	0,12
300	0,44	0,34	0,26	0,19	0,13	0,12

**Таблица 7 – Коэффициенты внутреннего трения медного порошка ПМС-1****Table 7 – Internal friction coefficients of copper powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21	0,20
100	0,40	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18
150	0,39	0,31	0,26	0,22	0,19	0,18
200	0,38	0,30	0,25	0,21	0,19	0,18
250	0,37	0,29	0,24	0,21	0,19	0,17
300	0,37	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17

**Таблица 8 – Коэффициенты внутреннего трения железного порошка ПЖ4М3****Table 8 – Internal friction coefficients of iron powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,44	0,36	0,30	0,26	0,22	0,20
100	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19
150	0,42	0,34	0,28	0,24	0,20	0,19
200	0,41	0,33	0,27	0,23	0,20	0,19
250	0,40	0,32	0,26	0,23	0,20	0,19
300	0,40	0,32	0,26	0,23	0,20	0,18

**Таблица 9 – Коэффициенты внутреннего трения порошка нержавеющей стали ПХ-30****Table 9 – Internal friction coefficients of stainless-steel powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,45	0,37	0,31	0,27	0,24	0,22
100	0,44	0,36	0,30	0,26	0,23	0,21
150	0,43	0,35	0,29	0,25	0,22	0,20
200	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20
250	0,42	0,33	0,27	0,24	0,22	0,20
300	0,42	0,33	0,27	0,24	0,22	0,19

**Таблица 10 – Коэффициенты внутреннего трения бронзового порошка БрОФ-10-1****Table 10 – Internal friction coefficients of bronze powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,36	0,29	0,24	0,21	0,19	0,18
100	0,35	0,28	0,23	0,20	0,18	0,17
150	0,34	0,27	0,22	0,19	0,17	0,16
200	0,33	0,26	0,21	0,18	0,17	0,16
250	0,32	0,25	0,20	0,18	0,17	0,16
300	0,32	0,25	0,20	0,18	0,17	0,16

**Таблица 11 – Коэффициенты внутреннего трения порошка твердого сплава ВК8****Table 11 – Internal friction coefficients of carbide powder**

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,50	0,41	0,34	0,28	0,24	0,22
100	0,49	0,40	0,33	0,27	0,23	0,21
150	0,48	0,39	0,32	0,26	0,22	0,20
200	0,47	0,38	0,31	0,25	0,21	0,19
250	0,46	0,37	0,30	0,24	0,20	0,19
300	0,45	0,36	0,30	0,24	0,20	0,19

Таблица 12 – Коэффициенты внутреннего трения вольфрамового порошка ПВН

Table 12 – Internal friction coefficients of tungsten powder

Давление прессования, МПа	Содержание парафина, % об.					
	0	10	20	30	40	50
50	0,53	0,42	0,35	0,30	0,26	0,24
100	0,52	0,41	0,34	0,29	0,25	0,23
150	0,51	0,40	0,33	0,28	0,24	0,22
200	0,50	0,39	0,32	0,27	0,23	0,21
250	0,49	0,38	0,31	0,26	0,23	0,20
300	0,48	0,37	0,31	0,26	0,23	0,20

Видно, что пластификация порошка сильно снижает как внешнее, так и внутреннее трение. Коэффициенты внешнего трения могут уменьшаться до очень малых (0,11–0,12) величин. Это происходит потому, что легкоплавкий парафин (температура плавления 42 °C) плавится на поверхности инструмента из-за тепловыделения, сопутствующего трению, и смазывает ее. Внутри среды при сравнительно малых скоростях деформации такого явления не наблюдается и трение падает не так сильно.

С увеличением содержания пластификатора в исследуемом материале различие в коэффициентах трения между разными порошками уменьшается. При достаточно сильной пластификации (около об. 40 %) разница в коэффициентах трения практически исчезает. Именно из-за этого экструзией можно формовать любые пластифицированные порошки – их поведение определяется составом и количеством пластификатора, а не самим порошком.

Для сжимаемых сред связь между касательными и нормальными напряжениями на трущемсяся поверхности не может быть выражена многочленом первой степени с постоянными коэффициентами, и для них был предложен квадратичный закон трения [14]

$$\tau = a + b\sigma - c\sigma^2, \quad (6)$$

где коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  не зависят в известных пределах от напряжений.

Для их нахождения разработана следующая методика. Сначала последовательно проводят три измерения касательных напряжений при разных нагрузках:

$$\tau_i = a + b\sigma_i + c\sigma_i^2; \quad i = 1, 2, 3. \quad (7)$$

Затем эту систему уравнений решают относительно коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$ .

Для реализации этой методики снята зависимость касательных напряжений от нормальных на поверхности трения (таблицы 13–18) и внутри среды (таблицы 19–24). Затем из каждого столбца выбраны три значения и решена система уравнений (7). Константы  $b$  и  $c$  приведены в таблицах 25–28. Экспериментальные исследования проводились для порошков: медного ПМС-1 (ГОСТ 4960-2009), железного ПЖЗМ3 (ГОСТ 9849-86), бронзового БрОФ-10-1 (ТУ 14-22-105-96), вольфрамового ВН-8 (ТУ 48-19-108-74), нержавеющей стали ПХ-30 (ГОСТ 13084-88), вольфрамового сплава ВНЖ-90 (ТУ 48-19-101-84) и порошка твердого сплава ВК8 (ГОСТ 3882-74).

Пластификатор – парафин технический очищенный (ГОСТ 23683-89).

Таблица 13 – Касательные напряжения на поверхности медного порошка ПМС-1, МПа

Table 13 – Shear stresses on the surface of copper powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	7,65	4,05	2,70	2,25	2,10	1,80	1,65
30	13,50	6,30	3,30	2,70	2,40	2,40	2,10
45	19,35	8,55	4,50	4,05	3,60	3,15	2,70
60	24,60	10,80	5,40	4,80	4,20	3,60	3,00
75	30,00	12,75	6,00	5,25	4,50	3,75	3,75
90	35,10	14,40	6,30	5,40	4,50	4,50	4,50

Таблица 14 – Касательные напряжения на поверхности железного порошка ПЖ3М3, МПа

Table 14 – Shear stresses on the surface of iron powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	6,30	4,50	3,15	2,25	1,80	1,35	1,20
30	11,40	7,20	5,10	3,60	2,40	1,80	1,50
45	16,20	9,90	6,75	4,50	3,15	2,25	1,80
60	21,00	12,60	8,40	5,40	3,60	3,00	2,40
75	25,50	15,00	10,50	6,00	4,50	3,00	2,25
90	30,60	18,00	12,60	7,20	4,50	3,60	2,70

Таблица 15 – Касательные напряжения на поверхности порошка нержавеющей стали ПХ-30, МПа

Table 15 – Shear stresses on the surface of stainless-steel powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	5,40	4,05	3,15	2,40	1,80	1,35	1,20
30	10,20	7,80	5,70	4,50	3,30	2,10	1,80
45	14,85	11,25	8,10	6,30	4,50	2,70	2,25
60	19,20	15,00	10,20	7,80	5,40	3,00	3,00
75	24,00	18,00	12,75	9,75	6,00	3,75	3,00
90	28,80	21,60	14,40	10,80	6,30	3,60	3,60

Таблица 16 – Касательные напряжения на поверхности бронзового порошка БрОФ10-1, МПа

Table 16 – Shear stresses on the surface of bronze powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	2	4	6	8	10	12
15	6,75	5,40	4,95	4,50	3,60	1,80	1,20
30	11,40	9,60	8,70	6,90	5,40	3,30	2,10
45	15,75	13,50	12,15	9,45	7,20	4,50	2,70
60	20,40	17,40	15,60	12,00	9,00	6,00	3,00
75	24,75	21,75	18,75	15,00	10,50	6,75	3,00
90	28,80	25,20	21,60	17,10	12,60	7,20	3,60

Таблица 17 – Касательные напряжения на поверхности вольфрамового порошка ВН-8, МПа

Table 17 – Shear stresses on the surface of tungsten powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	1	2	3	4	5	6
15	10,35	10,05	9,45	9,00	7,35	5,25	3,75
30	18,90	18,30	17,70	16,80	13,20	8,70	6,30
45	27,90	27,00	25,20	24,30	18,45	11,25	7,65
60	37,20	36,00	33,00	31,80	23,40	13,80	8,40
75	45,75	44,25	41,25	39,75	27,75	16,50	9,00
90	54,00	52,20	48,60	45,90	30,60	18,00	9,90

**Таблица 18 – Касательные напряжения на поверхности порошка вольфрамового сплава ВНЖ-90, МПа**

**Table 18 – Shear stresses on the surface of tungsten alloy powder, MPa**

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	1	2	3	4	5	6
15	8,10	7,65	7,20	5,40	4,35	3,45	3,00
30	15,30	14,70	13,80	10,20	8,10	6,60	5,40
45	26,10	21,15	19,80	14,40	11,25	8,55	7,20
60	32,40	25,20	24,60	18,00	13,80	10,20	8,40
75	39,75	30,75	30,00	21,75	16,50	12,00	9,75
90	47,70	36,90	35,10	25,20	19,80	13,50	10,80

**Таблица 19 – Касательные напряжения внутри медного порошка ПМС-1, МПа**

**Table 19 – Shear stresses inside copper powder, MPa**

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	13,80	12,90	12,00	10,80	9,00	7,20	6,00
30	27,00	24,60	22,20	19,20	15,90	13,20	11,40
45	39,60	35,10	30,60	26,10	21,60	18,00	16,20
60	51,60	44,40	38,40	32,40	25,20	22,80	21,00
75	63,75	54,00	46,50	39,00	30,00	27,00	25,50
90	76,50	63,90	54,90	45,90	36,00	31,50	30,60

**Таблица 20 – Касательные напряжения внутри железного порошка ПЖЗМ3, МПа**

**Table 20 – Shear stresses inside iron powder, MPa**

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	13,50	12,15	10,80	9,30	8,10	6,90	5,70
30	26,40	23,10	20,40	17,40	15,00	12,30	10,80
45	38,70	33,30	28,80	24,30	20,70	17,10	15,75
60	50,40	43,20	37,20	30,60	24,60	21,60	20,40
75	62,25	52,50	45,00	36,75	28,50	26,25	24,75
90	73,80	62,10	53,10	43,20	33,30	30,60	29,70

**Таблица 21 – Касательные напряжения внутри порошка нержавеющей стали ПХ-30, МПа**

**Table 21 – Shear stresses inside stainless-steel powder, MPa**

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	3	6	9	12	15	18
15	13,20	11,85	10,50	9,00	7,80	6,45	6,00
30	25,80	23,10	19,80	16,80	15,00	12,30	11,40
45	37,80	32,40	27,90	23,85	20,70	17,55	16,20
60	49,20	42,00	36,00	30,60	25,80	22,20	21,00
75	60,75	51,75	44,25	36,75	30,75	27,00	26,25
90	72,00	61,20	52,20	43,20	35,10	31,50	30,60

Таблица 22 – Касательные напряжения внутри бронзового порошка БрОФ10-1, МПа

Table 22 – Shear stresses inside bronze powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	2	4	6	8	10	12
15	13,50	12,30	11,10	9,90	8,40	6,90	5,70
30	26,10	24,00	21,30	18,90	16,20	13,20	10,80
45	37,80	35,10	31,05	27,45	23,40	18,90	15,30
60	49,20	45,60	40,20	36,00	30,00	24,00	19,20
75	60,75	55,50	49,50	44,25	36,00	29,25	23,25
90	72,00	65,70	58,50	52,20	42,30	34,20	27,00

Таблица 23 – Касательные напряжения внутри вольфрамового порошка ВН-8, МПа

Table 23 – Shear stresses inside tungsten powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	1	2	3	4	5	6
15	14,40	12,90	11,55	10,20	9,00	8,10	7,50
30	28,20	25,20	22,50	19,80	17,40	15,60	14,40
45	41,40	36,90	32,85	28,80	25,20	22,50	20,70
60	54,00	48,00	42,60	37,20	32,40	28,80	26,40
75	66,00	58,50	52,50	45,75	39,00	35,25	31,50
90	78,30	69,30	62,10	54,00	45,90	41,40	36,90

Таблица 24 – Касательные напряжения внутри порошка вольфрамового сплава ВНЖ-90, МПа

Table 24 – Shear stresses inside tungsten alloy powder, MPa

Давление, МПа	Содержание парафина, % мас.						
	0	1	2	3	4	5	6
15	13,20	11,70	10,35	9,00	8,10	7,05	5,70
30	25,80	22,80	20,10	17,70	15,60	13,50	10,80
45	37,80	33,30	28,80	25,65	22,50	19,35	14,85
60	49,20	43,20	37,20	33,00	28,80	24,60	18,60
75	60,75	53,25	45,75	39,75	35,25	29,25	21,75
90	72,00	63,90	54,00	46,80	41,40	33,30	26,10

Таблица 25 – Зависимость коэффициента *b* от материала (внешнее трение)Table 25 – Dependence of the coefficient *b* on the material (external friction)

Порошок	Содержание парафина, мас. %					
	0	3	6	9	12	15
ПМС-1	0,45	0,22	0,13	0,12	0,11	0,10
ПЖ3М3	0,39	0,25	0,14	0,13	0,09	0,06
ПХ-30	0,32	0,29	0,17	0,13	0,12	0,05
БрОФ10-1	0,38	0,30	0,23	0,16	0,10	–
ВН-8	0,66	0,53	0,22	–	–	–
ВНЖ-90	0,68	0,34	0,18	–	–	–

Таблица 26 – Зависимость коэффициента  $b$  от материала (внутреннее трение)Table 26 – Dependence of the coefficient  $b$  on the material (internal friction)

Порошок	Содержание парафина, мас.%					
	0	3	6	9	12	15
ПМС-1	0,90	0,82	0,72	0,62	0,50	0,46
ПЖЗМ3	0,88	0,80	0,70	0,59	0,53	0,40
ПХ-30	0,86	0,74	0,64	0,59	0,51	0,41
БрОФ10-1	0,86	0,73	0,64	0,48	0,36	–
ВН-8	0,98	0,66	0,52	–	–	–
ВНЖ-90	0,86	0,63	0,39	–	–	–

Таблица 27 – Коэффициент  $c \cdot 10^4$ , МПа $^{-1}$  (внешнее трение)Table 27 – Coefficient  $c \cdot 10^4$ , MPa $^{-1}$  (external friction)

Порошок	Содержание парафина, мас.%					
	0	3	6	9	12	15
ПМС-1	-1,42	-2,33	-3,30	-4,36	-5,40	-6,67
ПЖЗМ3	-1,45	-2,44	-3,50	-4,54	-5,60	-6,70
ПХ-30	-1,45	-2,37	-3,46	-4,48	-5,51	-6,69
БрОФ10-1	-1,47	-2,35	-3,34	-4,38	-5,42	-6,65
ВН-8	-1,49	-2,47	-3,55	–	–	–
ВНЖ-90	-1,48	-2,49	-3,57	–	–	–

Таблица 28 – Коэффициент  $c \cdot 10^4$ , МПа $^{-1}$  (внутреннее трение)Table 28 – Coefficient  $c \cdot 10^4$ , MPa $^{-1}$  (internal friction)

Порошок	Содержание парафина, мас.%					
	0	3	6	9	12	15
ПМС-1	-2,43	-3,36	-5,30	-7,36	-9,40	-11,7
ПЖЗМ3	-2,44	-3,46	-5,50	-7,54	-9,60	-11,8
ПХ-30	-2,45	-3,38	-5,46	-7,48	-9,51	-11,7
БрОФ10-1	-2,47	-3,36	-5,34	-7,38	-9,42	-11,8
ВН-8	-2,49	-3,44	-5,55	–	–	–
ВНЖ-90	-2,50	-3,49	-5,57	–	–	–

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент сцепления  $a$  оказался достаточно малым (около 0,0001 МПа) для всех исследованных материалов; на процесс деформации он практически не оказывает.

Безразмерный параметр  $b$  является аналогом коэффициента трения в законе Кулона, но численно с ним не совпадает.

Параметр  $c$  характеризует степень нелинейности закона трения; он тем больше, чем больше в материале пластификатора.

Можно заключить, что отклонение от линейного закона трения тем больше, чем сильнее пластифицирован материал; однако и для чистого порошка коэффициент  $c$  тоже нулю не равен.

Разработанные методики исследования триботехнических характеристик дисперсных сред неоднократно использовались при реальном проектировании формующего оборудования и инструмента [15] и могут быть рекомендованы к практическому применению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чайников, Н. А. Исследование коэффициента трения при прессовании металлических порошков // *Порошковая металлургия*. – 1979. – № 10. – С. 35–38.
2. Чайников, Н. А. Расчетный коэффициент внешнего трения при прессовании металлических порошков // *Порошковая металлургия*. – 1981. – № 5. – С. 11–15.
3. Меерсон, Г. А. Экспериментальное исследование процесса прессования порошкообразных материалов // *Порошковая металлургия*. – 1970. – № 1. – С. 21–29.
4. Кипарисов, С. С. *Порошковая металлургия* / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва: Металлургия, 1991. – 432 с.
5. Беркович, И. И. Исследование трения и сопротивления сдвигу порошков железа и алюминия / И. И. Беркович, Г. А. Виноградов, В. П. Каташинский // *Порошковая металлургия*. – 1971. – № 11. – С. 84–88.
6. Виноградов, Г. А. Теория листовой прокатки металлических порошков и гранул / Г. А. Виноградов, В. П. Каташинский. – Москва: Металлургия, 1979. – 224 с.
7. Бесчастная, Н. В. Устройства для определения коэффициента трения дисперсных материалов / Н. В. Бесчастная // *Порошковая металлургия: межвуз. сб. науч. тр.* – Пермь : Пермский политехнический институт, 1979. – С. 63–68.
8. Коновалов, Е. Г. Измерения коэффициентов бокового давления при прессовании порошков железа с наложением ультразвуковых колебаний / Е. Г. Коновалов, Г. М. Жданович // В кн.: Пластичность и обработка металлов давлением. – Минск: Наука и техника, 1968. – С. 25–30.
9. Роман, О. В. Теоретический анализ зависимости давления на стенки матрицы от плотности прессуемого материала / О. В. Роман, В. Е. Перельман // Матер. IX Всес. конф. по пор. мет. – Рига: Знание, 1968. – С. 73–79.
10. Ребиндер, П. А. *Физико-химическая механика*. – Москва: Знание, 1958. – 63 с.
11. Устройство для исследования внешнего и межчастичного трения порошка : авторское свидетельство 1176695 СССР, МКИ B 22 F 3/02 / С. С. Клименков, В. В. Пятов, К. В. Шульков. – № 3716890/22-02 от 29.03.84.
12. Пятов, В. В. Прибор для комплексного исследования свойств порошковых материалов // Современные энергоресурсосберегающие и экологобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности. Сб. научн. тр. – Витебск: ВГТУ, 1998. – С. 51–54.
13. Пятов, В. В. Исследование трения пластифицированных металлических порошков // *Трение и износ*. – 2004. – Т. 25. – № 1. – С. 104–107.
14. Пятов, В. В. Теоретические и технологические основы холодной экструзии порошковых материалов / В. В. Пятов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2002. – 237 с.
15. Пятов, В. В. Экструзия пластиично-вязкой среды / В. В. Пятов, А. Н. Голубев. – Витебск: УО «ВГТУ», 2018. – 212 с. <https://rep.vstu.by/handle/123456789/10229>.

## REFERENCES

1. Chajnikov NA. Study of the friction coefficient during pressing of metal powders. *Poroshkovaya metallurgiya = Powder metallurgy*. 1979;(10):35-38. (In Russ.).
2. Chajnikov NA. Calculated coefficient of external friction during pressing of metal powders. *Poroshkovaya metallurgiya = Powder metallurgy*. 1981;(5):11-15. (In Russ.).
3. Meerson GA. Experimental study of the process of pressing powder materials. *Poroshkovaya metallurgiya = Powder metallurgy*. 1970;(1):21-29. (In Russ.).
4. Kiparisorov SS, Libenson GA. *Poroshkovaya metallurgiya = Powder metallurgy*. Moscow: Metallurgiya; 1991:432. (In Russ.).
5. Berkovich II, Vinogradov GA, Katashinskij VP. Investigation of friction and shear resistance of iron and aluminum powders. *Poroshkovaya metallurgiya = Powder metallurgy*. 1971;(11):84-88. (In Russ.).
6. Vinogradov GA, Katashinskij VP. Teoriya listovoy prokatki metallicheskikh poroshkov i granul = Theory of sheet rolling of metal powders and granules. Moscow: Metallurgiya; 1979:224. (In Russ.).
7. Beschastnaya NV. Ustroystva dlya opredeleniya koeffitsienta treniya dispersnykh materialov = Devices for determining the coefficient of friction of dispersed materials. In: *Poroshkovaya metallurgiya: mezhvuz. sb. nauch. tr. = Powder metallurgy: interuniversity. Sat. science tr.* Perm: Permskiy politekhnicheskiy institut; 1979:63-68. (In Russ.).
8. Konovalov EG, Zhdanovich GM. Izmereniya koeffitsientov bokovogo davleniya pri pressovaniyu poroshkov

zheleza s nalozheniem ul'trazvukovykh kolebaniy = Measurements of lateral pressure coefficients during pressing of iron powders with superimposed ultrasonic vibrations. In: Plastichnost' i obrabotka metallov davleniem = Plasticity and metal forming. Minsk: Nauka i tekhnika; 1968:25-30. (In Russ.).

9. Roman OV, Perel'man VE. Teoreticheskiy analiz zavisimosti davleniya na stenki matritsy ot plotnosti pressuemogo materiala = Theoretical analysis of the dependence of the pressure on the walls of the matrix on the density of the pressed material. In: Mater. IX Vses. konf. po por. met. = Proceedings of the IX All-Union Conference on Powder Metallurgy. Riga: Znanie; 1968:73-79. (In Russ.).

10. Rebinder PA. Fiziko-khimicheskaya mekhanika = Physico chemical mechanics. Moscow: Znanie; 1958:63. (In Russ.).

11. Klimenkov SS, Pyatov VV, Shul'kov KV. Ustroystvo dlya issledovaniya vneshnego i mezhchastichnogo treniya poroshka = Device for studying external and interparticle friction of powder Patent SU 1176695, B22F3/02. Application for invention №3716890/22-02, 29.03.84 (In Russ.).

12. Pyatov VV. Device for comprehensive study of powder material properties. In: Sovremennye energoresursosberegayushchie i ekologobezopasnye tekhnologii v mashinostroenii i legkoy promyshlennosti. Sb. nauchn. tr. = Modern energy-saving and environmentally friendly technologies in mechanical engineering and light industry. Sat. scientific. tr. Vitebsk: VGTU; 1998:51-54. (In Russ.).

13. Pyatov VV. Investigation of friction of plasticized metal powders. *Trenie i iznos* = Friction and wear. 2004;(25(1)):104-107. (In Russ.).

14. Pyatov VV. Teoreticheskie i tekhnologicheskie osnovy kholodnoy ekstruzii poroshkovykh materialov = Theoretical and technological foundations of cold extrusion of powder materials. Vitebsk: UO «VGTU»; 2002:237. (In Russ.).

15. Pyatov VV, Golubev AN. Ekstruziya plastichno-vyazkoy sredy = Extrusion of plastic-viscous medium. Vitebsk: UO «VGTU»; 2018:212. <https://rep.vstu.by/handle/123456789/10229>. (In Russ.).

## Сведения об авторах

### Пято́в Влади́слав Влади́мирович

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Теплоэнергетика» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail:* v.pyatov@gmail.com

### Голубев Алексей Николаевич

Старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail:* tm@vstu.by

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5645-7912>

### Матвеев Андрей Константинович

Главный инженер Частного предприятия «Дубль-МК», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail:* andrey.mk89@gmail.com

## Information about the authors

### Vladislav V. Pyatov

D. Sc. in Eng., Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail:* v.pyatov@gmail.com

### Alexey N. Golubev

Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering Technology, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail:* tm@vstu.by

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5645-7912>

### Andrey K. Matveev

Chief Engineer, Dubl-MK Unitary Enterprise, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail:* andrey.mk89@gmail.com

Статья поступила в редакцию 02.12.2024.

## Анализ процесса движения нити при ее сматывании с паковок швейных и трикотажных машин

В. Г. Буткевич,  
Г. И. Москалев,  
Я. С. Иванов      Учреждение образования «Витебский государственный  
технологический университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальный вопрос нахождения скорости нитки и колебаний натяжения при сматывании её с паковки в швейном оборудовании, что является важным для последующего расчета технологических параметров выработки изделий. Целью исследований являлось аналитическое и практическое изучение процесса движения участка нитки по сложной траектории с учетом движения нитепрятывателя. Использовались аналитические методы, применяемые в теории механизмов и машин, а также математического моделирования. Для проведения подтверждения полученных теоретических результатов в производственных условиях выполнены экспериментальные исследования. Приведены результаты аналитического моделирования перемещения и скорости отрезка нитки, определен характер автоколебательного движения нитки. Установлены математические зависимости изменения скорости движения участка нитки от физико-механических свойств ниток, конструктивных параметров оборудования и скоростных режимов. Представленный материал может использоваться в практических расчетах скоростных режимов швейных и трикотажных машин при выработке изделий сложных структур.

**Ключевые слова:** нерастяжимая нить, натяжение, скорость, перемещение, автоколебания, математическое моделирование.

## Analysis of the Process of Thread Movement During Its Unwinding from the Packages of Sewing and Knitting Machines

Vyacheslav.G. Butkevich, Educational institution "Vitebsk State Technological University",  
Gennady.I. Moskalev, Vitebsk, Republic of Belarus  
Yaroslav.S. Ivanov

**Abstract.** The article addresses the topical issue of finding the thread speed and tension fluctuations when winding it from bobbin in sewing equipment, which is important for the subsequent calculation of the technological parameters of product development. The purpose of the research was an analytical and practical study of the process of moving a section of thread along a complex trajectory, taking into account the movement of the thread retractor. Analytical methods used in the theory of mechanisms and machines, as well as mathematical modeling, were applied. Experimental studies have been carried out to confirm the theoretical results obtained in production conditions. The results of analytical modeling of the movement and velocity of the thread segment are presented, and the nature of the self-oscillating movement of the thread is determined. The mathematical dependences of the change in the speed of the thread section on the physical and mechanical properties of the threads, the design parameters of the equipment and speed modes are determined. The findings can be used in practical calculations of the speed regimes in sewing and knitting machines during the design of complex structure products.

**Keywords:** inextensible thread, tension, speed, displacement, self-oscillation, mathematical modeling.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных моделях высокоскоростных швейных и трикотажных машин актуальной задачей является выравнивание скорости и натяжение колебаний нитей, возникающих в результате циклического движения рабочих органов. Особое внимание требуется уделять при работе с нитями, имеющими латексный сердечник, в которых могут накапливаться значительные упругие и остаточные деформации. Чем выше производительность оборудования, тем больше неравномерность структуры текстильного изделия из-за колебания натяжения нитей при сматывании её с паковки, и, соответственно, образования брака. Нерешенным является вопрос определения влияния конструктивных параметров швейных и трикотажных машин на характер колебания скорости нитей [1–3].

Сматывание нити рассмотрено в работе [4] применительно к трикотажным машинам. В работе [5] изложены элементы процесса затягивания стежка в швейных машинах, относящиеся, в основном, к проведению петли нити внутрь сшиваемых материалов. Меньше всего изучены явления, связанные с движением нити при сматывании её с паковки (катушки). Вместе с тем, изучение характера движения нити на этом участке позволяет не только лучше представить весь процесс работы механизмов и узлов швейной машины, но и также определить влияние физико-механических свойств применяемых нитей на стабильность технологического процесса в целом [6–7].

Определение параметров движения нити при сматывании ее с паковки приобретает особенно большое значение при проектировании устройств, контролирующих длину нити. От характера и качественных характеристик движения нити в этот период зависит точность работы формирующих устройств и степень влияния их на работу оборудования в целом.

Целью настоящей работы было исследование движения отрезка нитки, расположенного между бобиной и регулятором натяжения машины.

Задачей исследования являлось определение математических зависимостей колебаний натяжения и скорости нити при циклическом движении механизмов швейной машины, что является актуальным. Использовались методы математического моделирования и положения теории механизмов и машин.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методика проведения исследований изучения колебаний натяжения и соответственно скорости основывается на аналитических методах теории механизмов и машин. Изучение конструкции оборудования позволило получить исходные данные для моделирования процесса сложного движения нити. При исследовании принималось во внимание не только

растяжение нити и наличие переходных процессов трения в регуляторе натяжения, как это было сделано в работе [8], но и трение нитки об ушко нитепрятягивателя.

Переходя от реальной механической системы к её физической модели, упрощаем систему и пре-небрегаем изгибом нити в регуляторе натяжения, деформацией контура нити, и другими факторами, которые в данной частной задаче представляются несущественными. При дальнейших расчётах принимаем также, что нить является весомой, абсолютно гибкой и при растяжении подчиняется закону Гука [9].

На расчетной схеме (рис. 1) изображена нить от места ее переплетения в стежке (точка А) до места сматывания с бобины (точка D). Всю длину нитки условно делим на отрезки АВ, ВС и СД. Во время движения отрезка СД на него действует сила  $T_{BC}(t)$ , равная натяжению отрезка ВС, и сила трения в регуляторе натяжения. Усилием сопротивления разматыванию нитки на бобине пренебрегаем. Для характеристики переходного процесса трения нитки о детали регулятора натяжения принимаем закон Кулона [10], учитывающий разницу между силой трения покоя  $R_1$  и постоянной по величине силой трения движения  $R_2$ . Принимаем, что сила  $R_1$  уменьшается до силы  $R_2$  мгновенно. Такая упрощённая характеристика трения, вероятно, отличается от реального закона, но хорошо согласуется с общепринятыми взглядами на процесс образования челночных стежков и достаточна для анализа главных особенностей исследуемого движения. Теоретические исследования проводим с использованием положений теории механизмов и машин [11].

В момент окончания затягивания стежка точка А нитки останавливается. В этот момент, который принимаем за начало отсчета времени ( $t = 0$ ), перемещение  $x$  отрезка СД и его начальная скорость  $\dot{x}$  равны нулю, то есть:

$$X(0) = 0, x(0) = 0 \quad (1)$$

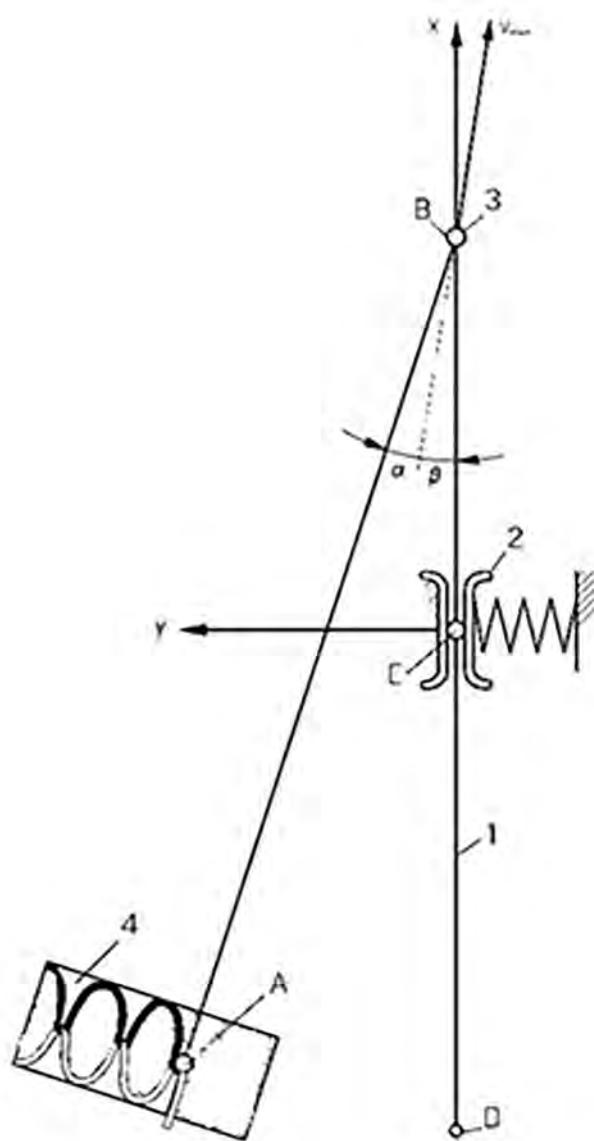
В начальный момент натяжение отрезка ВС равно  $T_{BC}(0) = R_1$ , а его деформация

$$\Delta l_{BC}(0) = R_1 l_{BC}^0 / EF \quad (2)$$

где  $l_{BC}^0$  – длина отрезка ВС до деформирования;  $E$  – модуль упругости нити;  $F$  – площадь поперечного сечения нити.

Натяжение  $T_{AB}(0)$  отрезка АВ в начальный момент определим, полагая, что нить охватывает ушко нитепрятягивателя по дуге окружности.

Тогда  $T_{AB}(0)$  определяется натяжением растянутой нити [5]:



1 – нить, 2 – регулятор натяжения,  
3 – ушко нитепрятягивателя, 4 – зона стежка

1 – thread, 2 – tension regulator,  
3 – eyelet of the thread stretcher, 4 – stich zone

Рисунок 1 – Расчетная схема

Figure 1 – Calculation scheme

$$T_{AB}(0) = T_{BC}(0)e^{-\mu\theta} \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения нитки об ушко нитепрятягивателя;  $\theta$  – угол охвата ушка нитепрятягивателя растянутой нитью, или

$$T_{AB}(0) = R_1 e^{-\mu\theta} \quad (4)$$

При этом деформация отрезка AB

$$\Delta l_{AB}(0) = R_1 e^{-\mu\theta} l_{AB}^0 / EF \quad (5)$$

где  $l_{AB}^0$  – длина отрезка AB до деформации.

К текущему моменту времени  $t$  деформация отрезков AB и BC изменится и составит соответственно  $\Delta l_{AB}(t)$  и  $\Delta l_{BC}(t)$ . Выразим полную деформацию контура ABC нитки в текущий момент времени в виде суммы приращений деформаций, образующихся на каждой условной ступени общего процесса нагружения нити:

$$\begin{aligned} \Delta l_{AB}(t) + \Delta l_{BC}(t) &= \\ &= \Delta l_{AB}(0) + \Delta l_{BC}(0) + \Delta l_{ABC}(h) - x, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\Delta l_{ABC}(h)$  – деформация контура нити, вызванная движением ушка нитепрятягивателя.

Представим выражение для деформаций через усилия в явном виде:

$$\begin{aligned} \frac{T_{AB}(t)l_{AB}^0}{EF} + \frac{T_{BC}(t)l_{BC}^0}{EF} &= \\ &= \frac{R_1 e^{-\mu\theta} l_{AB}^0}{EF} + \frac{R_1 l_{BC}^0}{EF} + \Delta l_{ABC}(h) - x \end{aligned} \quad (7)$$

Воспользовавшись формулой Эйлера  $T_{AB}(t) = T_{BC}(t)e^{-\mu\theta}$  и проделав преобразования, получим выражение для натяжения отрезка BC в текущий момент времени:

$$T_{BC}(t) = R_1 + c \Delta l_{ABC}(h) - cx, \quad (8)$$

$$\text{где } c = \frac{EF}{l_{AB}^0 (e^{-\mu\theta} + l_{BC}^0)}.$$

Для определения функции  $\Delta l_{ABC}(h)$  сделаем некоторые допущения. Учитывая, что длины отрезков AB и BC значительно больше величины перемещения ушка нитепрятягивателя в период сматывания, будем считать, что эти отрезки располагаются под постоянным углом  $\gamma = (\alpha + \beta)/2$  (рис. 2) к траектории ушка, движение которого в этот период принимаем равномерно замедленным, то есть:

$$h(t) = g_0 t - \frac{at^2}{2}, \quad (9)$$

где  $g_0$  – скорость ушка нитепрятягивателя в начальный момент сматывания;  $a$  – ускорение ушка в период сматывания.

Тогда, пренебрегая деформацией незначительных

по величине криволинейных участков нити, огибающих ушко, имеем:

$$\Delta l_{ABC}(h) = 2h(t) \cos \gamma = 2(\vartheta_0 t - \frac{at^2}{2}) \cos \gamma. \quad (10)$$

Подставив полученное выражение в уравнение (2), получим:

$$T_{BC}(t) = R_1 + 2c(\vartheta_0 t - \frac{at^2}{2}) \cos \gamma - cx. \quad (11)$$

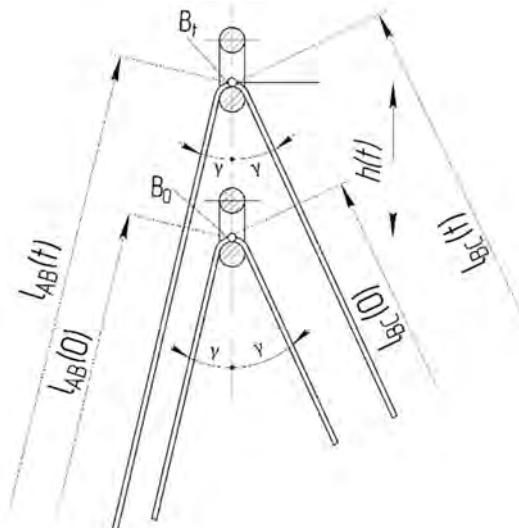


Рисунок 2 – Схема для определения деформации контура нити, вызываемой перемещением ушка нитепрятягивателя

Figure 2 – Diagram for determining the deformation of the thread contour caused by the movement of the eyelet of the thread stretcher

С учётом полученных выражений дифференциальное уравнение движения отрезка CD имеет вид

$$m\ddot{x} = R_1 + 2c(\vartheta_0 t - \frac{at^2}{2}) \cos \gamma - cx - R^2, \quad (12)$$

или

$$\ddot{x} + k^2 x = 2k^2(\vartheta_0 t - \frac{at^2}{2}) \cos \gamma + \frac{R_1 - R_2}{m}, \quad (13)$$

$$k^2 = c / m,$$

где  $m$  – масса отрезка CD.

Решение этого уравнения, отвечающее начальным условиям (1), равно

$$x = 2\vartheta_0 \cos \gamma - (2a \cos \gamma) t - \frac{2\vartheta_0 \cos \gamma \cos kt + Ak \sin kt}{k^2}, \quad (14)$$

$$\text{где } A = \left( \frac{R_1 \pm R_2 + 2a \cos(\gamma)}{m} \right) / k^2$$

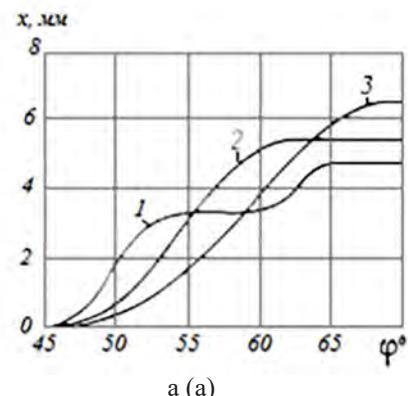
Уравнение решаем при следующих условиях

$$E = 2 \times 10^5 \text{ (H/cm}^2\text{)}; F = 4,16 \times 10^{-4} \text{ cm}^2; \mu = 0,15;$$

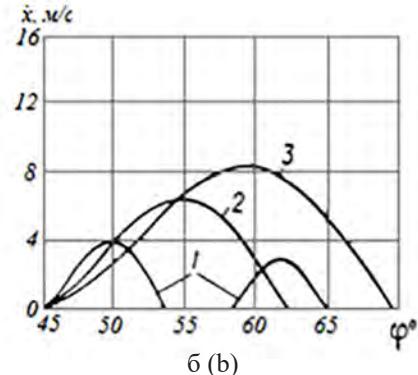
$$\theta = 1,87; l_{AB}^0 = 0,22 \text{ м}; l_{BC}^0 = 0,1 \text{ м}; R_1 = 2,4 \text{ H};$$

$$R_2 = 2,3 \text{ H}; a = 7^\circ; \beta = 8^\circ$$

Графики перемещения и скорости отрезка CD для хлопчатобумажной нитки № 50/3, длиной 100 см, при различных скоростях швейной машины и расходе, показаны соответственно на рисунке 3.



a (a)



б (b)

1 – 1000 об/мин; 2 – 2000 об/мин; 3 – 3000 об/мин.

$\varphi$  – угол поворота главного вала машины

1 – 1000 rpm; 2 – 2000 rpm; 3 – 3000 rpm

$\varphi$  – rotation angle of the machine main shaft

Рисунок 3 – Графики перемещения (а) и скорости (б) отрезка CD нити при различных скоростях главного вала машины, об/мин

Figure 3 – Graphs of movement (a) and speed (b) of the CD thread segment at different speeds of the main shaft of the machine, rpm

Как видно, процесс перемещения отрезка носит разрывной автоколебательный характер. Чем меньше скорость машины и жёсткость нитки, тем более выражен процесс автоколебаний: отрезок движется периодически, с остановками. Расчёты показывают, что длина нитки, сматывающейся с бобины в течение одного цикла работы нитепрятгивателя, может быть больше необходимой для образования стежка. Поэтому во время работы машины следует ожидать, что величина сматывающейся с бобины нитки для каждого цикла образования стежка будет различной.

Для практической проверки полученных результатов на ООО «Сиба» г. Санкт-Петербург прибором для измерения скорости вращения и линейной скорости нитей TESTO-471 на модернизированной швейной машине Textima были замерены скорости сматывания нитки с бобины при частоте главного вала машины, об/мин; 1 – 1000 об/мин; 2 – 2000 об/мин; 3 – 3000 об/мин.

Отмечено:

1. Мгновенная скорость движения нитки согласуется с теоретическими исследованиями.

2. Средняя скорость движения нитки соответствует паспортным данным швейной машины.

3. Присутствуют значительные колебания мгновенной скорости движения нитки при сматывании ее с паковки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены аналитические и практические исследования движения участка нитки при сматывании ее с бобины. Установлено, что скорость движения нити является переменной величиной, что влияет на процесс образования петли. Предложенные теоретические исследования позволяют определить скорость и натяжение нитки в процессе сматывания с бобины, рассчитать критические режимы работы оборудования. Практическая проверка в производственных условиях показала соответствие полученных результатов предложенной методике расчета.

Авторы выражают благодарность руководству ООО «Сиба» за предоставленную возможность проведения практических опытов, оборудование и материалы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирусманов, Б. Аналитическое описание пульсации натяжения нити при её прохождении через направляющие глазки и тормозные приспособления [Электронный ресурс] / Б. Мирусманов // *Universum: технические науки: электронный научный журнал*. – 2024. – № 3(120). – С. 59–63. Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17068>. Дата доступа: 10.12.2024. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.17068.
2. Чистобородов, Г. И. Исследование влияния формы крючка иглы на эффект перетяжки кулируемой нити / Г. И. Чистобородов, В. В. Капралов, Е. Н. Никифорова // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2012. – №3(339). – С. 144–148.
3. Мирусманов, Б. О значимости крутки как дополнительного источника пульсации натяжения нити при контакте с нитепроводящими поверхностями [Электронный ресурс] / Б. Мирусманов // *Universum: технические науки: электронный научный журнал*. – 2024. – №3(120). – С. 54–58. Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16962>. Дата доступа: 10.12.2024. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.16962.
4. Капралов, В. В. Особенности расчета натяжения нити на трикотажных машинах с активной подачей / В. В. Капралов, И. Н. Ситникова, Е. Н. Никифорова // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2009. – № 5(320). – С. 62–64.
5. Холиков, К. М. Анализ швейных машин на швейных и трикотажных фабриках [Электронный ресурс] / К. М. Холиков, Л. С. Уралов, З. Т. Холдарова // *Universum: технические науки: электронный научный журнал*. – 2019. – № 11(68). – С. 64–66. Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8260>. Дата доступа: 10.12.2024.
6. Егоров, В. В. Исследование процесса сматывания нити со шпули в челноке швейной машины с учетом регулятора натяжения нити / В. В. Егоров, А. В. Марковец, Л. С. Мазин // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2016. – № 1(361). – С. 137–142.
7. Тухтаева, З. Ш. Виды и работа механизма нитепрятгивателя различных швейных машин / З. Ш. Тухтаева, З. Р. Асланова, З. З. Ходжаева // *Молодой ученый*. – 2016. – № 9(113). – С. 306–309. <https://moluch.ru/archive/113/28995/>.
8. Марковец, А. В. Динамический анализ механизмов транспортирования материалов швейных машин / А. В. Марковец. – Санкт-Петербург: СПГУТД, 2010. – 235с.

9. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: современные концепции, парадоксы и ошибки / Я. Г. Пановко, И. И. Губанова. – Москва : Наука, 2020. – 352с.
10. Щербаков, В. П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов / В. П. Щербаков. – Москва : Тисо Принт, 2013. – 304 с.
11. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – Москва : Альянс, 2016. – 640 с.

## REFERENCES

1. Mirusmanov B. Analytical description of the pulsation of thread tension as it passes through guide eyes and brake devices. *Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2024;3(120):59-63. Available from: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17068>. [Accessed 10 December 2024]. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.17068. (In Russ.)
2. Chistoborodov GI, Kapralov VV, Nikiforova EN. Study of the influence of the shape of the needle hook on the effect of constriction of the cuffed thread. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti = Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*. 2012;3(339):144–148. (In Russ.)
3. Mirusmanov B. On the importance of twist as an additional source of thread tension pulsation upon contact with thread-conducting surfaces. *Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2024;3(120):54-58 URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16962>. [Accessed 10 December 2024]. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.16962. (In Russ.)
4. Kapralov VV, Sitnikova IN, Nikiforova EN. Features of calculating thread tension on knitting machines with active feed. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti = Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*. 2009;5(320):62-64. (In Russ.)
5. Kholikov KM, Uralov LS, Holdarova ZT. Analysis of sewing machines in clothing and knitting factories. *Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2019;11(68):64-66. Available from: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8260>. [Accessed 12 December 2024]. (In Russ.)
6. Egorov VV, Markovets AV, Mazin LS. Study of the process of unwinding thread from a bobbin in the shuttle of a sewing machine, taking into account the thread tension regulator. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti = Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*. 2016;1(361):137–142. (In Russ.)
7. Tukhtaeva ZSh, Aslanova ZR, Khodzhaeva ZZ. Types and operation of the thread take-up mechanism of various sewing machines. *Molodoy uchenyy*. 2016;9(113):306-309. <https://moluch.ru/archive/113/28995/>. <https://moluch.ru/archive/113/28995/>. (In Russ.)
8. Markovets AV. Dinamicheskiy analiz mekhanizmov transportirovaniya materialov shveynykh mashin = Dynamic analysis of mechanisms for transporting materials of sewing machines. St. Petersburg: SPGUTD; 2010:235. (In Russ.)
9. PanovkoYaG, Gubanova II. Ustoychivost' i kolebaniya uprugikh sistem: sovremennye kontseptsii, paradoksy i oshibki = Stability and vibrations of elastic systems: modern concepts, paradoxes and errors. Moscow: Nauka; 2020:352. (In Russ.)
10. Shcherbakov VP. Prikladnaya i strukturnaya mekhanika voloknistykh materialov = Applied and structural mechanics of fibrous materials. Moscow: Tiso Print; 2013:304. (In Russ.)
11. Artobolevsky II. Teoriya mekhanizmov i mashin = Theory of mechanisms and machines. Moscow: Al'yans; 2016:640. (In Russ.)

### Сведения об авторах

#### Буткевич Вячеслав Гарьевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail: butkevich@mail.ru*

### Information about the authors

#### Vyacheslav G. Butkevich

Ph. D. in Eng., Assoc. Prof. Associate professor of the department of Mechanical Engineering Technology of the educational institution "Vitebsk State Technological University", Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail: butkevich@mail.ru*

**Москалев Геннадий Иванович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail: mosvstunew@rambler.ru*

*ORCID: http://orcid.org/0009-0002-9324-7792*

**Иванов Ярослав Сергеевич**

Магистрант кафедры технологии машиностроения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail: yaroslavvitebsk@gmail.com*

**Moskalev G. Ivanovich**

Ph. D. in Eng., Assoc. Prof. Associate professor of the department of Mechanical Engineering Technology of the educational institution "Vitebsk State Technological University", Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail: mosvstunew@rambler.ru*

*ORCID: http://orcid.org/0009-0002-9324-7792*

**Yaroslav S. Ivanov**

Ivanov, master student of the Department of Mechanical Engineering Technology of the educational Institution "Vitebsk State Technological University", Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail: yaroslavvitebsk@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 12.12.2024.

# Метод повышения точности планетарных передач на основе спектрального анализа экспериментальной оценки и математического моделирования кинематических погрешностей

А.В. Капитонов,  
В.С. Дроздов

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет»,  
г. Могилев, Республика Беларусь

**Аннотация.** Для современного машиностроения требуются механизмы с высокими кинематическими и динамическими характеристиками и небольшими затратами на изготовление. Планетарные зубчатые передачи широко используются в машинах и механизмах. Одной из основных проблем при производстве этих передач является сложность их изготовления с высокой точностью. Планетарные передачи с промежуточными телами качения наиболее технологичны по сравнению с планетарными зубчатыми передачами и могут обеспечивать высокую кинематическую точность и плавность работы при небольших затратах. Для этих передач разработан метод повышения точности на основе спектрального анализа гармонических составляющих кинематической погрешности, полученных при экспериментальной оценке на автоматизированном стенде. Разработанный метод позволяет при проектировании повышать точность передачи путем уменьшения погрешностей только наиболее ответственных ее деталей, уменьшая при этом затраты на изготовление. Метод также включает компьютерное моделирование, позволяющее дать оценку влияния динамических нагрузок и погрешностей изготовления на кинематическую точность передачи. Метод может быть использован при создании механизмов для современного производства на основе планетарных передач с промежуточными телами качения.

*Ключевые слова:* планетарные передачи, кинематическая погрешность, спектральный анализ, погрешность изготовления.

## Method for Improving the Accuracy of Planetary Transmissions based on Spectral Analysis Experimental Evaluation and Mathematical Modeling of Kinematic Errors

Alexander V. Kapitonov  
Vladislav S. Drozdov

Inter-State Educational Institution of Higher Education  
"Belarusian-Russian University", Mogilev, Republic of Belarus

**Abstract.** Contemporary mechanical engineering requires mechanisms with high kinematic and dynamic characteristics and low manufacturing costs. Planetary gears are widely used in machines and mechanisms. One of the main problems in the production of these gears is the difficulty of manufacturing them with high precision. Planetary gears with intermediate rolling elements are the most technologically advanced compared to epicycloidal gear and can provide high kinematic accuracy and smooth operation at low cost. For these transmissions, a method has been developed to increase accuracy based on spectral analysis of the harmonic components of the kinematic error experimentally evaluated on an automated stand. The developed method makes it possible to increase the accuracy of transmission during design by reducing the errors of only the most critical parts, while reducing

manufacturing costs. The method also includes computer modeling, which makes it possible to assess the effect of dynamic loads and manufacturing errors on the kinematic accuracy of transmission. The method can be used to create mechanisms for modern production based on planetary gears with intermediate rolling elements.

Keywords: planetary gears, kinematic error, spectral analysis, manufacturing error.

## ВВЕДЕНИЕ

К планетарным передачам предъявляются высокие требования точности изготовления, так как точность значительно влияет на работоспособность, надежность и ресурс работы планетарной передачи или планетарного механизма, а также на возможность сборки его деталей зацепления. В планетарных передачах и редукторах с промежуточными телами качения вращение передают сателлиты – шарики или ролики, последние могут быть цельными и сборными [1–3].

Эти передачи используются в приспособлениях для металлорежущих станков, в подъемно-транспортных механизмах, механизмах автоматизированного производства. Часто они бывают более эффективны, чем зубчатые передачи, так как при возможных больших передаточных отношениях имеют более технологичную конструкцию и меньшую стоимость.

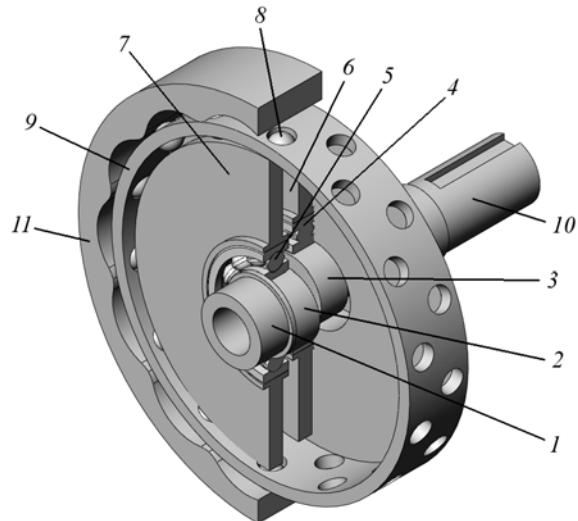
На рисунке 1 представлена планетарная передача с шариковым зацеплением.

Передача состоит из ведущего вала 1, эксцентриков 2 и 3, установленных на ведущем валу, подшипников 4 и 5, установленных на эксцентрики, ведущих дисков 6 и 7, наружные цилиндрические поверхности которых образуют ведущую беговую дорожку. Промежуточные тела качения шарики 8 являются сателлитами. Они установлены в два ряда в отверстиях водила 9, связанного с ведомым валом 10. Колесо 11 с многопериодной беговой дорожкой является неподвижным звеном. При вращении ведущего вала 1, а вместе с ним эксцентриков 2 и 3, подшипников 4 и 5, дисков 6 и 7 шарики 8 входят в зацепление с беговыми дорожками и отверстиями водила и передают вращение от ведущего вала к ведомому. Профиль многопериодной дорожки колеса 11 является эквидистантной периодической кривой, записываемой математической зависимостью:

$$\rho_2 = \sqrt{R^2 - A^2 \sin^2 z\varphi} + A \cos z\varphi, \quad (1)$$

где  $\rho_2$  – радиус-вектор точки периодической кривой;  $R$  – средний радиус периодической кривой;  $A$  – амплитуда (эксцентриситет) периодической кривой;  $z$  – число периодов кривой;  $\varphi$  – угол, задаваемый между точками периодической кривой.

Передаточное отношение  $i$  передачи определяется по формуле:



1 – ведущий вал; 2 и 3 – эксцентрик;  
4 и 5 – подшипник; 6 и 7 – ведущий диск;  
8 – сателлиты; 9 – водила; 10 – ведомый вал;  
11 – колесо

1 – drive shaft; 2 and 3 – eccentric;  
4 and 5 – bearing; 6 and 7 – drive disc;  
8 – satellites; 9 – drivers; 10 – driven shaft;  
11 – the wheel

Рисунок 1 – Планетарная шариковая передача

Figure 1 – Planetary ball gear

$$i = (z_1 + z_2) / z_1, \quad (2)$$

где  $z_1$  – число периодов ведущей беговой дорожки,  $z_2$  – число периодов неподвижной многопериодной беговой дорожки.

В представленной конструкции передачи (рис. 1)  $z_1 = 1$ .

Такую же кинематику, как у планетарных шариковых передач, имеют планетарные передачи с роликовым зацеплением [3].

Повышение точности изготовления является наиболее важной задачей для этих передач. Известны исследования, заключающиеся в разработке метода повышения точности зубчатых передач при сборке [4]. Метод заключается в определении разности началь-

ных фаз поворота шестерни и колеса, при которой суммарная кинематическая погрешность передачи достигает минимума. Реализация метода заключается в том, что кинематическая погрешность описывается гармонической функцией, при этом номера зубьев шестерни и колеса для монтажа подбираются в противофазе их первых гармоник.

В исследованиях [5] механизма с циклоидальным редуктором с телами качения повышение плавности вращения редуктора обеспечивались определением оптимальной геометрии профиля зуба компьютерным моделированием с учетом неточности его формообразования при изготовлении.

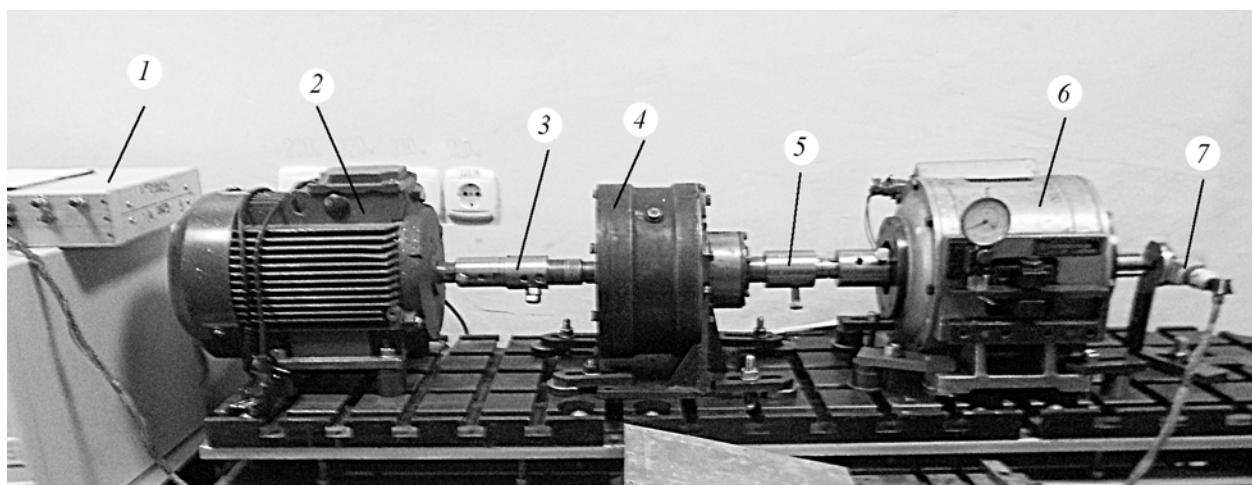
Результаты исследования точности механических передач приведены в [6]. В этих исследованиях на основе гармонического анализа на базе рядов Фурье получены графики кинематических погрешностей и их амплитудных спектров механических передач. Предложены методы обработки сигналов и способы фильтрации шумов при измерениях с помощью разработанной системы контроля. Предложены методы оценки точности зубчатых и других типов передач. Показаны некоторые причины образования гармоник в спектре кинематической погрешности.

Особенностью предложенного метода повыше-

ния точности передач в отличие от известных и приведенных выше методов и результатов исследований является концепция, заключающаяся в повышении точности только тех деталей, которые в наибольшей степени определяют кинематическую погрешность передачи. Поэтому для определения наиболее значимых точностных параметров исследуемых передач предложен метод, основанный на спектральном анализе, который заключается в получении экспериментальных графиков и амплитудно-частотных спектров кинематических погрешностей и определении наиболее значимых гармонических составляющих спектров с целью установления причинно-следственных связей между гармоническими составляющими с наибольшими амплитудами и точностью изготовления деталей передачи.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальные исследования проводились на разработанном стенде [1, 2] для испытаний механических передач под нагрузкой. На рисунке 2 представлен автоматизированный стенд, который использовался для исследования кинематической точности и плавности работы механических передач (редукторов).



1 – аналого-цифровой преобразователь; 2 – электродвигатель; 3 и 5 – муфта; 4 – исследуемый редуктор; 6 – электромагнитный тормоз; 7 – датчик угла поворота (энкодер)

1 – analog-to-digital converter; 2 – electric motor; 3 and 5 – coupling; 4 – gearbox under study; 6 – electromagnetic brake; 7 – rotation angle sensor (encoder)

**Рисунок 2 – Автоматизированный стенд для исследования кинематической точности и плавности работы механических передач**

**Figure 2 – Automated stand for studying the kinematic accuracy and smoothness of mechanical transmissions**

Стенд (рис. 2) состоит из исследуемого редуктора 4, ведущий вал которого соединен через муфту 3 с электродвигателем 2, а ведомый вал соединен через муфту 5 с электромагнитным тормозом 6, создающим нагружающий момент на ведомом валу редуктора. К валу электромагнитного тормоза соосно установлен датчик угла поворота (энкодер) 7, соединенный с аналого-цифровым преобразователем 1, который подключен к ПЭВМ. При вращении электродвигателя 2 без нагрузки и с нагрузкой, создаваемой электромагнитным тормозом 6, неравномерность вращения ведомого вала передачи, возникающая из-за погрешностей изготовления, упругих деформаций, динамических нагрузок, зазоров в зацеплении фиксируется датчиком угла поворота 7 и в виде импульсов (сигналов) поступает на аналого-цифровой преобразователь 1 и ПЭВМ. После математического преобразования полученных сигналов с помощью разработанного программного обеспечения определяется кинематическая погрешность редуктора  $F_i$ , которую можно представить математическими выражениями:

$$F_i = \left( \sum_i T_i - iT_{cp} \right) \omega_{cp}, \quad (3)$$

$$F_i = 2\pi n_{cp} \left( \sum_i T_i - iT_{cp} \right), \quad (4)$$

где  $T_i$  – период следования импульсов (сигналов);  $i$  – число периодов за оборот ведомого вала;  $T_{cp}$  – среднее число периодов;  $\omega_{cp}$  – средняя угловая скорость ведомого вала;  $n_{cp}$  – средняя частота вращения ведомого вала.

В качестве примера представлены результаты экспериментальных исследований, полученные на автоматизированном стенде (рис. 2), кинематических характеристик планетарных редукторов с промежуточными телами качения с名义ной частотой вращения ведущего вала  $n_1 = 1500$  мин<sup>-1</sup>, изготовленных с точностью размеров наиболее ответственных деталей по 7 и 8 квалитету и с точностью их формы и расположения поверхностей, соответствующей 7 степени.

На рисунке 3 показан график кинематической погрешности  $F_i$  при числе измерений  $N$  за оборот выходного вала планетарного роликового редуктора с передаточным отношением  $i = 11$ , с числом периодов многопериодной беговой дорожки  $z_2 = 10$ , а на рисунке 4 амплитудно-частотный спектр, рассчитанный и построенный по значениям графика на рисунке 3, на котором представлены амплитуды  $A$  гармонических составляющих (гармоник)  $k$ .

На рисунках 5 и 6 показаны графики кинематической погрешности  $F_i$  планетарного шарикового редуктора с передаточным отношением  $i = 49$  в зависимости от угла поворота ведомого вала  $\varphi_2$  без нагрузки и с нагрузкой 100 Нм. Редуктор имеет две ступени. Передаточное отношение каждой ступени равно 7. Число периодов многопериодной беговой дорожки в каждой ступени редуктора  $z_2 = 6$ .

На рисунках 7 и 8 представлены графики амплитудно-частотных спектров кинематической погрешности планетарного шарикового редуктора с передаточным отношением  $i = 49$  без нагрузки и с нагрузкой 100 Нм, на котором представлены амплитуды  $A$  гармонических составляющих (гармоник)  $k$ .

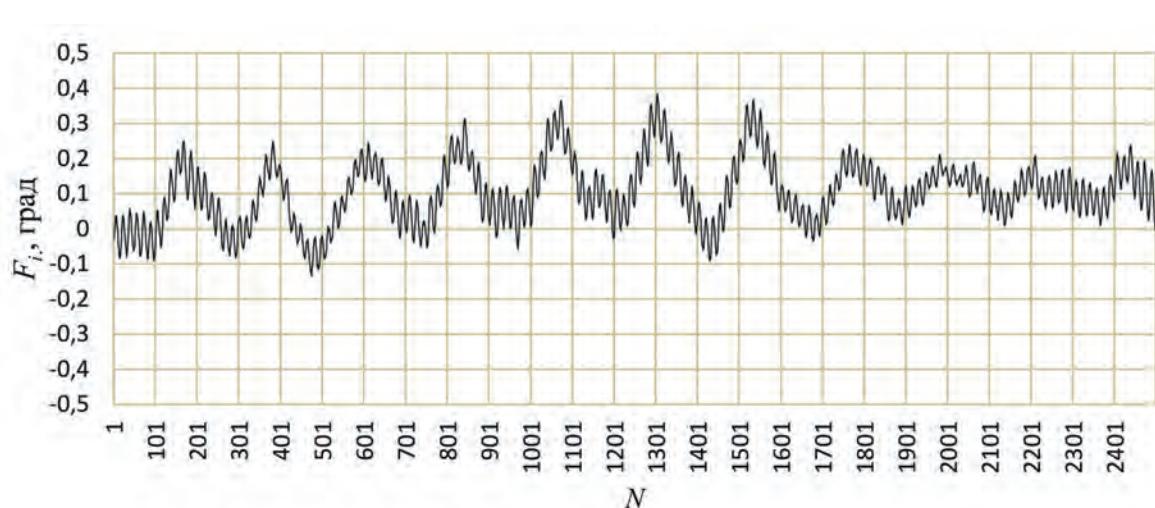


Рисунок 3 – Кинематическая погрешность планетарного роликового редуктора

Figure 3 – Kinematic error of a planetary roller gear reducer

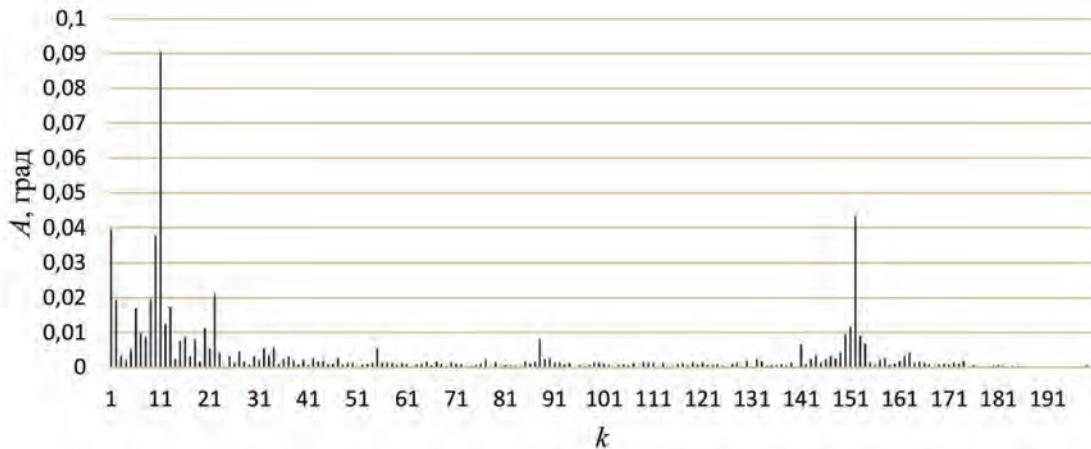


Рисунок 4 – Амплитудно-частотный спектр кинематической погрешности планетарного роликового редуктора

Figure 4 – Amplitude-frequency spectrum of the kinematic error of a planetary roller gear reducer

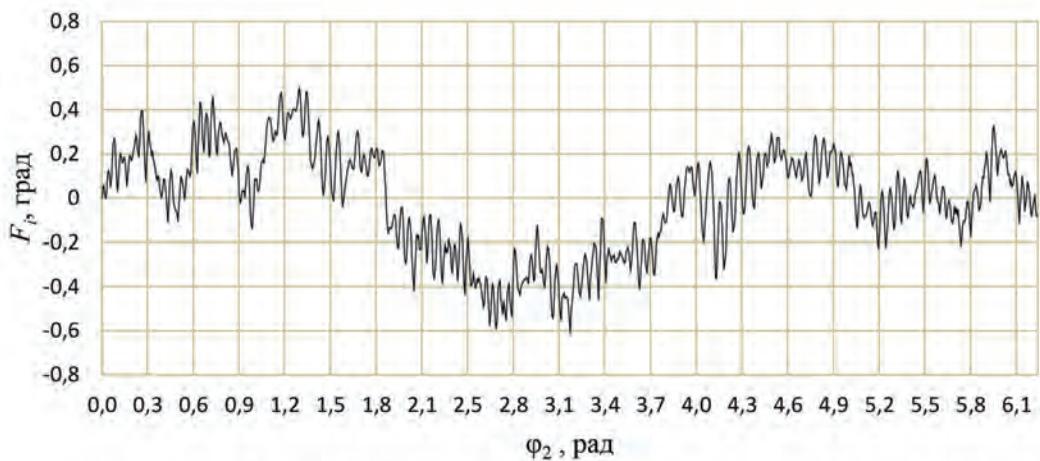


Рисунок 5 – График кинематической погрешности планетарного шарикового редуктора без нагрузки

Figure 5 – Graph of kinematic error of planetary ball gearbox without load

На графиках (рис. 3, 5 и 6) размах между наибольшим и наименьшим значением определяет наибольшую кинематическую погрешность редуктора, которая характеризует его кинематическую точность. На графике (рис. 3) выделяются волны, число которых соответствует передаточному отношению  $i = 11$  и гармонике с номером 11 (рис. 4), а на графике (рис. 5) выделяется число волн равное 12 и кратное числу периодов беговой дорожки  $z_2 = 6$  и гармонике с номером 12 (рис. 7), при этом величины амплитуд гармоник 11 и 12 характеризуют плавность работы редукторов.

Кинематическую погрешность передачи  $F(\varphi)$  можно представить через гармонические составляющие ряда Фурье [1, 7, 8]:

$$F(\varphi) = \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^n c_k (\cos k\varphi + \varphi_k), \quad (5)$$

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad (6)$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(\varphi) \cos k\varphi d\varphi, \quad (7)$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(\varphi) \sin k\varphi d\varphi. \quad (8)$$

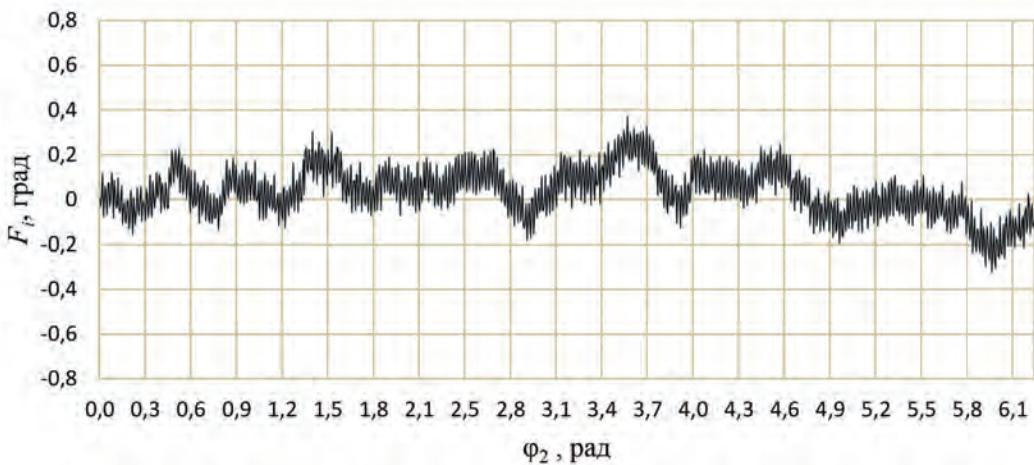


Рисунок 6 – График кинематической погрешности планетарного шарикового редуктора с нагрузкой

Figure 6 – Graph of kinematic error of planetary ball gearbox with load

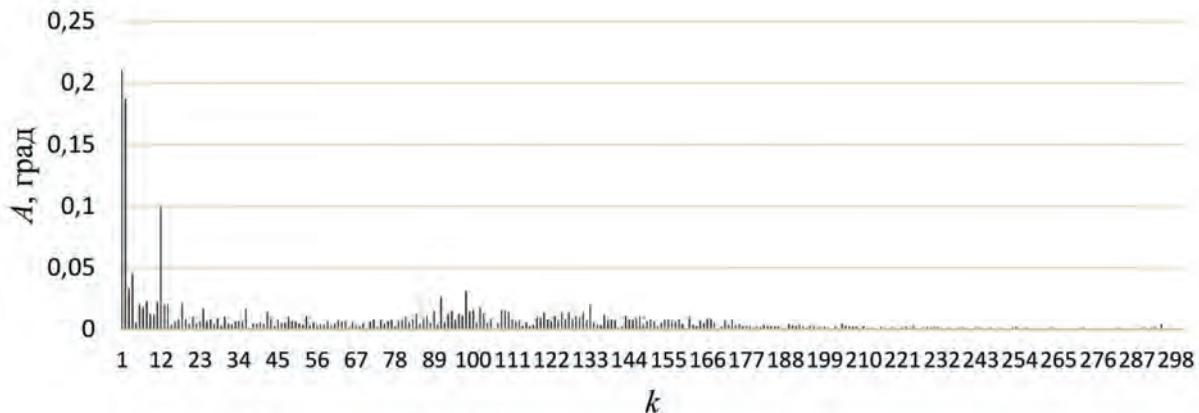


Рисунок 7 – Амплитудно-частотный спектр кинематической погрешности планетарного шарикового редуктора без нагрузки

Figure 7 – Amplitude-frequency spectrum of the kinematic error of a planetary ball gearbox without load

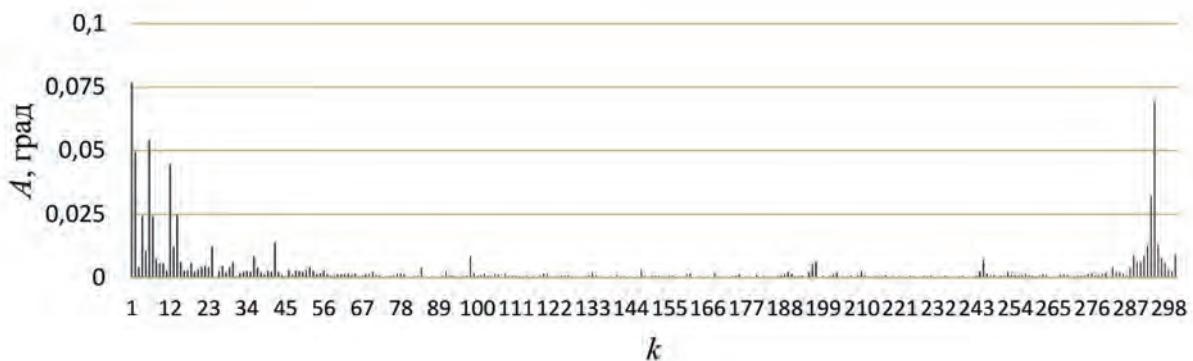
где  $c_0$  – нулевой член и  $c_{0/2}$  равно среднему значению функции за период  $T = 2\pi$ ;  $c_k$  – амплитуда гармонической составляющей;  $a_k$ ,  $b_k$  – коэффициенты ряда Фурье;  $k$  – порядковый номер гармонической составляющей;  $\varphi$  – угловая координата точки профиля беговой дорожки;  $\varphi_k$  – начальный фазовый угол.

По математическим зависимостям (5)...(8) можно найти амплитуды  $c_k$  гармонических составляющих и построить амплитудно-частотный спектр.

Анализ амплитудно-частотных спектров, построенных по результатам многократной экспериментальной оценки кинематических погрешностей передач, изготовленных с разной точностью деталей, позволил установить причинно-следственные связи между наиболее значимыми гармониками и погреш-

ностями изготовления, которые проявляются в амплитудах этих гармоник.

Для планетарного роликового редуктора в амплитудно-частотном спектре (рис. 4) наибольшие амплитуды имеют гармонические составляющие (гармоники) с номерами 1, 10, 11, 22 и 152, а для планетарного шарикового редуктора наибольшие амплитуды имеют гармоники с номерами 1, 2, 6, 12 и 294 (рис. 7 и 8). Гармоники с номерами 1 и 2 имеют технологические причины, связанные с радиальными смещениями ведомого и неподвижного звеньев, в частности, с отклонением от соосности оси ведомого вала относительно оси многопериодной беговой дорожки при сборке. Гармоники 10, 11, 22 для планетарного роликового редуктора и 6, 12 для плане-



**Рисунок 8 – Амплитудно-частотный спектр кинематической погрешности планетарного шарикового редуктора с нагрузкой**

**Figure 8 – Amplitude-frequency spectrum of the kinematic error of a planetary ball gearbox with load**

тарного шарикового редуктора соответствуют числу периодов многопериодных беговых дорожек  $z_2$ , передаточному отношению  $i$ , а также являются кратными  $z_2$  и  $i$ . Их амплитуды связаны с погрешностью шага периодов (волн) многопериодной дорожки при ее чистовой и отделочной обработке, погрешностью эксцентрикитета при изготовлении ведущего эксцентрика, установленного на входном валу; смещением оси ведущего вала относительно оси многопериодной дорожки при сборке. Гармоники 152 и 294 характеризуют циклические погрешности высокой частоты. Большие амплитуды этих гармоник кратны передаточному отношению и числу периодов беговых дорожек и связаны с зазорами в зацеплении, зависящими от точности проектирования и изготовления профилей многопериодных дорожек и рабочих поверхностей ведила. При больших зазорах возникает жесткий контакт при вхождении сателлитов в зацепление, что снижает плавность работы передачи.

Под нагрузкой (рис. 6 и 8) наибольшая кинематическая погрешность уменьшается за счет выборки зазоров в сопряжениях деталей и в зацеплении, а также уменьшаются амплитуды гармонических составляющих 1, 2, 6, 12 низкочастотного и среднечастотного участков спектра, но при этом значительно увеличиваются амплитуды высокочастотного участка спектра и 294-я гармоника.

Для установления влияния динамических нагрузок, упругих деформаций, неточностей проектирования профиля многопериодной дорожки, а также необходимого зазора в зацеплении проведено компьютерное моделирование планетарной шариковой передачи без погрешностей изготовления с исполь-

зованием среды SolidWorks для анализа различных механизмов [9, 10]. На рисунке 9 представлено окно программы SolidWorksMotion (Анализ движения) с моделью планетарной шариковой передачи, представленной на рисунке 1. При моделировании задавались различные значения исходных параметров: задавалась частота вращения ведущего звена, нагружающий момент на ведомом звене, контакт деталей зацепления, жесткость контакта, коэффициенты трения скольжения.

В результате моделирования получены графики кинематических погрешностей при разных заданных параметрах моделирования. На рисунке 10 представлен график кинематической погрешности планетарной шариковой передачи  $F_i$  с  $n$  значениями за оборот ведомого звена, полученный моделированием с частотой вращения ведущего вала 1500 мин<sup>-1</sup> и нагрузкой на ведомом звене 100 Нм.

При моделировании не учитывались погрешности изготовления. Кинематическая погрешность передачи  $F_i$  в результате моделирования, представленная на графике (рис. 10) имеет размах 0,058 градуса, что составляет 8,4 % от кинематической погрешности, представленной на графике (рис. 6), полученным при экспериментальных исследованиях планетарного шарикового редуктора под нагрузкой с погрешностями изготовления. Результаты моделирования показали, что динамические нагрузки без учета погрешностей изготовления дают небольшую кинематическую погрешность планетарных передач с промежуточными телами качения и основными источниками кинематической погрешности являются погрешности изготовления, которые в динамике проявляются в высокочастотных гармониках.

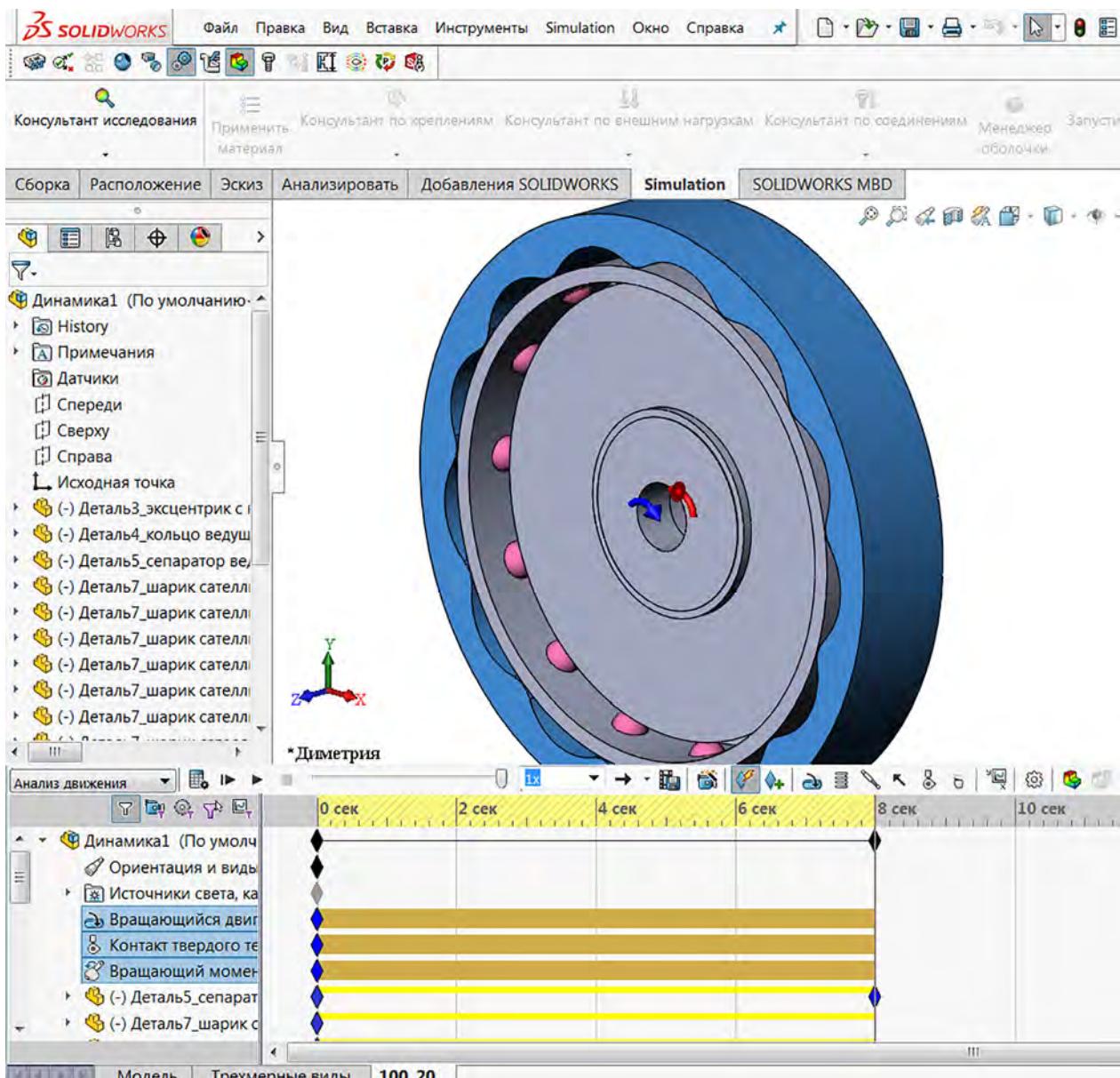


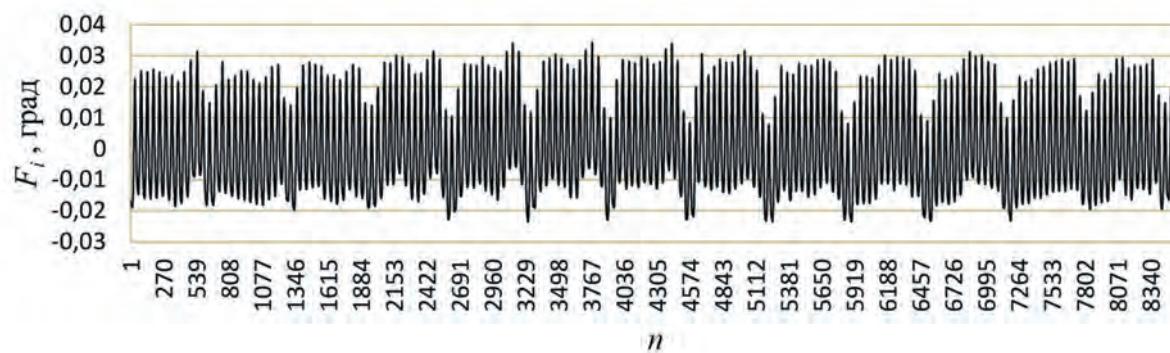
Рисунок 9 – Окно программы SolidWorksMotion с моделью планетарной шариковой передачи

Figure 9 – SolidWorksMotion program window with a model of a planetary ball gear

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод, подтвержденный результатами исследований, заключается в установлении наиболее значимых гармонических составляющих кинематической погрешности передачи, а также их связи с погрешностями изготовления. При этом повышается точность только тех деталей передачи,

которые связаны с гармоническими составляющими, имеющими наибольшие амплитуды в амплитудно-частотном спектре кинематической погрешности, что позволяет повысить точность планетарных передач с промежуточными телами качения, а также уменьшить затраты на проектирование и изготовление этих передач.



**Рисунок 10 – График кинематической погрешности планетарной шариковой передачи, полученный компьютерным моделированием**

**Figure 10 – Graph of the kinematic error of a planetary ball gear obtained by computer modeling**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитонов, А. В. Кинематические и массогабаритные характеристики ресурсоэффективных механических передач. Компьютерное моделирование, экспериментальная оценка: монография / А. В. Капитонов, В. М. Пашкевич. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2017. – 248 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34847162>.
2. Лустенков, М. Е. Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизация потерь мощности: монография / М. Е. Лустенков. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2010. – 274 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23916264>.
3. Kapitonov AV. Optimization of geometrical parameters and estimation of kinematic accuracy of resource effective planetary transmission. *Advances in Engineering Research*. 2018;158:165-168. DOI: 10.2991/avent-18.2018.32.
4. Тимофеев, Б. П. Метод повышения точности мелкомодульных зубчатых передач при сборке / Б. П. Тимофеев, Н. Т. Данг // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2019. – Т. 62. № 10. – С. 941–946. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-10-941-946.
5. Jiang N, Wang S, Yang A, Zhou W, Zhang J. Transmission Efficiency of Cycloid-Pinion System Considering the Assembly Dimensional Chain. *Applied Sciences*. 2022;12(23):11917. DOI: 10.3390/app122311917.
6. Пашкевич, В. М. Повышение точности механических передач на основе компьютерного моделирования и использования технологий искусственного интеллекта: монография / В. М. Пашкевич [и др.]. – Могилев: Белорусско-Российский университет. ун-т, 2011. – 139 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28813558>.
7. Макушев, Ю. П. Гармонический анализ крутящего момента двигателя ЯМЗ-5340 / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова // Омский научный вестник. – 2024. – № 3 (191). – С. 39–47. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-191-39-47.
8. Матушенко, А. Е. Уравновешивание эллиптических гармоник инерционной нагрузки плоских механизмов / А. Е. Матушенко, М. Д. Сарксян // Известия Оренбургского аграрного государственного университета. – 2023. – № 1 (99). – С. 88–91. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_50323514\\_17316567.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50323514_17316567.pdf).
9. Карячкин, Я. Г. Динамический анализ деталей двухступенчатого редуктора в SolidWorks / Я. Г. Карячкин, С. А. Ефанов, Е. И. Дуданов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – Вып. 9. – С. 407–411. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-9-407-411.
10. Гурвич, Ю. А. Применение методов виртуального моделирования при исследовании управляемости и устойчивости движения многоосных колесных машин / Ю. А. Гурвич, К. И. Сафонов // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет. – 2013. – Вып. 27. – С. 147–152. <https://rep.bntu.by/handle/data/67765>.

## REFERENCES

1. Kapitonov AV, Pashkevich VM. Kinematicheskie i massogabaritnye kharakteristiki resursoeffektivnykh mekhanicheskikh peredach. Komp'yuternoe modelirovaniye, eksperimental'naya otsenka: monografiya = Kinematic and mass-dimensional characteristics of resource-efficient mechanical gears. Computer modeling, experimental evaluation: a monograph. Mogilev : Belorussko-Rossiyskiy universitet; 2017:248. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34847162>. (In Russ.)
2. Lustenkov ME. Peredachi s promezhutochnymi telami kacheniya: opredelenie i minimizatsiya poter' moshchnosti: monografiya = Transmission with intermediate rolling elements: determination and minimization of power losses: monograph. Mogilev: Belorussko-Rossiyskiy universitet; 2010:274. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23916264>. (In Russ.)
3. Kapitonov AV. Optimization of geometrical parameters and estimation of kinematic accuracy of resource effective planetary transmission. *Advances in Engineering Research*. 2018;158:165-168. DOI: 10.2991/avent-18.2018.32.
4. Timofeev BP, Dang NT. Method of improving the accuracy of small-module gears during assembly. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie = Journal of Instrument Engineering*. 2019;62(10):941-946. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-10-941-946. (In Russ.).
5. Jiang N, Wang S, Yang A, Zhou W, Zhang J. Transmission Efficiency of Cycloid-Pinion System Considering the Assembly Dimensional Chain. *Applied Sciences*. 2022;12(23):11917. DOI: 10.3390/app122311917.
6. Pashkevich VM et al. Povyshenie tochnosti mekhanicheskikh peredach na osnove komp'yuternogo modelirovaniya i ispol'zovaniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta: monografiya = Improving the accuracy of mechanical gears based on computer modeling and the use of artificial intelligence technologies: a monograph. Mogilev: Belorussko-Rossiyskiy universitet; 2011:139. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28813558>. (In Russ.).
7. Makushev YuP, Polyakova TA. Harmonic analysis of the torque of the YaMZ-5340 engine. *Omskiy nauchnyy vestnik = Omsk Scientific Bulletin*. 2024;(3 (191)):39-47. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-191-39-47. (In Russ.).
8. Matushchenko AE, Sarksyan MD. Balancing elliptical harmonics of inertial loading of flat mechanisms. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo gosudarstvennogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;(1 (99)):88-91. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_50323514\\_17316567.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50323514_17316567.pdf). (In Russ.).
9. Karachkin YaG, Efanov SA, Dudanov EI. Dynamic analysis of two-stage gearbox parts in SolidWorks. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya Tula State University. Technical sciences*. 2021;(9):407-411. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-9-407-411. (In Russ.).
10. Gurvich YuA, Safronov KI. Application of virtual modeling methods in the study of controllability and stability of motion of multiaxial wheeled vehicles. *Mashinostroenie: respublikanskiy mezhvedomstvennyy sbornik nauchnykh trudov. Belorusskiy natsional'nyy tekhnicheskiy universitet*. 2013;27:147-152. <https://rep.bntu.by/handle/data/67765>. (In Russ.).

## Сведения об авторах

**Капитонов Александр Валентинович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» межгосударственного образовательного учреждения высшего образования «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь

*E-mail: kavbru@gmail.com*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8213-6320>

## Information about the authors

**Alexander V. Kapitonov**

Cand. Sc. in Engineering, associate professor, Department of Mechanical Engineering Technology, Belarusian-Russian University of Higher Education, Mogilev, Republic of Belarus

*E-mail: kavbru@gmail.com*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8213-6320>

**Дроздов Владислав Сергеевич**

Студент машиностроительного факультета межгосударственного образовательного учреждения высшего образования «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь

*E-mail: vlddzv@mail.ru*

**Vladislav S.Drozdov**

student, Faculty of Mechanical Engineering,  
Belarusian-Russian University of Higher Education,  
Mogilev, Republic of Belarus

*E-mail: vlddzv@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 27.05.2025.

## Синтез структуры и свойств металломатричных композитов с наложением индукционного воздействия

**О. А. Масанский, А. М. Токмин, А. Р. Масанская** **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Российской Федерации**

**Аннотация.** В настоящее время развитие современной промышленности, как отечественной, так и зарубежной, требует разработки новых материалов с повышенными характеристиками физико-механических и эксплуатационных свойств. Это объясняется тем, что существующие на сегодняшний день материалы и технологии исчерпали свой ресурс для достижения заданных целей. Особый интерес в этом направлении представляют алюмоматричные композиционные материалы (АМКМ) с армированной гетерофазной структурой экзогенного и/или эндогенного происхождения. Основной задачей получения АМКМ – получение материала с новыми заданными свойствами и характеристиками. Разработка таких материалов дает возможность направленного выбора создаваемых свойств необходимых в конкретной области применения.

Применение технологий, предусматривающих высокоеэнергетическое воздействие в процессе структурообразования, позволяет управлять макро- и микроструктурой, прочностными и эксплуатационными характеристиками для изделий различного назначения. Современное представление об эффективном управлении свойствами материалов основывается на возможности создания условий, которые могут радикально влиять на процессы самоорганизации структур.

В статье приведены результаты исследования возможности получения металломатричного композитного материала на основе алюминия армированного частицами карбида кремния (*SiC*), в условиях высокоеэнергетического индукционного воздействия, за счет электромагнитного перемешивания.

Электромагнитное перемешивание (ЭМП) представляет собой перспективный метод, позволяющий достигать высокой степени однородности распределения армирующих частиц в металлической матрице. Данная технология использует силы, возникающие при взаимодействии переменного магнитного поля с индуцированными токами в расплаве, что приводит в движение металлический расплав. Это обеспечивает равномерное распределение армирующих частиц по объему сплава композиционного материала, предотвращая их агломерацию и седиментацию.

Показано влияние технологических режимов на формирование структуры полученного алюмоматричного композитного материала.

**Ключевые слова:** композитные материалы, алюмоматричные композитные материалы, армирующие частицы, электромагнитное перемешивание, карбид кремния.

## Synthesis of the Structure and Properties of Metal-Matrix Composites with the Imposition of Inductive Action

**Oleg A. Masanskii, Alexander M. Tokmin, Alyona R. Masanskaya** **Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation**

**Abstract.** Currently, the development of modern industry, both domestic and foreign, requires the development of new materials with enhanced physical, mechanical and operational properties. This is due to the fact that the materials and technologies currently available have exhausted their potential to achieve the set goals. Of particular

interest in this area are aluminum matrix composite materials (AMCM) with a reinforced heterophase structure of exogenous and/or endogenous origin. The main task of producing AMCM is to develop a material with new specified properties and characteristics. The development of such materials makes it possible to select the desired properties for a specific application.

The use of technologies involving high-energy effects in the process of structure formation makes it possible to control the macro- and microstructure, strength and performance characteristics for products for diverse applications. The contemporary concept of effective management of material properties is based on the possibility of creating conditions that can significantly affect the processes of self-organization of structures.

The article presents the results of a study of the possibility of obtaining a metal matrix composite material based on aluminum reinforced with silicon carbide (SiC) particles under conditions of high-energy induction exposure through electromagnetic mixing.

Electromagnetic mixing (EMM) is a promising method that allows achieving a high degree of uniformity in the distribution of reinforcing particles in a metal matrix. This technology uses the forces generated by the interaction of an alternating magnetic field with induced currents in the melt, which sets the metal melt in motion. This ensures uniform distribution of reinforcing particles throughout the volume of the composite material alloy, preventing their agglomeration and sedimentation.

The influence of technological modes on the formation of the structure of the obtained aluminum-matrix composite material is shown.

*Keywords:* composite materials, aluminum matrix composite materials, reinforcing particles, electromagnetic mixing, silicon carbide.

## ВВЕДЕНИЕ

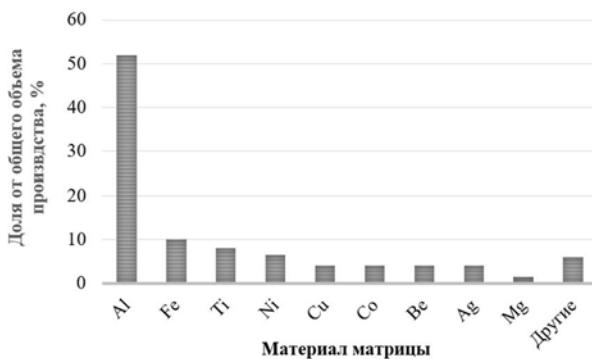
Развитие промышленности создает потребность в разработке новых конструкционных материалов с повышенным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств. Это обусловлено тем, что применение имеющихся на сегодняшний день материалов и технологий их получения, для достижения требуемых характеристик, практически исчерпало свой ресурс.

Создание гетерогенных металлических материалов с заданным комплексом физико-механических свойств может быть реализовано благодаря применению комплексного подхода, сочетающего получение определенного химического состава, технологию получения и упрочняющую обработку. В результате этого возможно получение требуемого фазового состава и определенного структурного состояния композитных материалов. Свойства сплавов определяются не только химическим составом и микроструктурой, но и в значительной степени типом, размерами, формой и характером распределения фаз различной природы и происхождения [1, 2, 3].

В настоящее время особый интерес представляют металломатричные композиционные материалы (ММКМ). ММКМ относятся к литым композиционным материалам функционального и конструкционного назначения, состоящих из металлической основы (матрицы), армированной равномерно или заданным образом распределенными в ней тугоплавкими высокомодульными частицами экзогенного и/или эндогенного происхождения, не растворяющимися в металле матрицы при температурах получения и эксплуатации изделий. Целью создания

таких композитов является получение материала с новыми заданными свойствами и характеристиками, отличными от свойств и характеристик исходных компонентов. Усиливающими или армирующими компонентами чаще всего являются порошкообразные, в т. ч. и наночастицы или волокнистые материалы различной природы. Армирующие частицы могут быть как искусственно введенными (экзогенно-армированные композиты), так и синтезированными непосредственно в матричном расплаве в процессах плавки и литья (эндогенно-армированные композиты) [4].

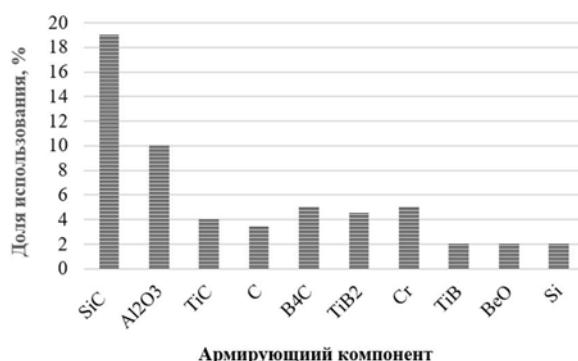
Согласно экспертным оценкам, основную долю литых композиционных материалов занимают материалы на основе алюминиевой матрицы, что в общемировом объеме производства металломатричных композитов составляет более 50 % (рис. 1) [5]. Значительными преимуществами алюминиевых сплавов в качестве матричных материалов для получения литых металломатричных композитов являются их высокие физические (теплопроводность, теплоемкость, малая плотность) и технологические (жидкотекучесть, усадка, обрабатываемость давлением и резанием) свойства, хорошая коррозионная стойкость, а также возможность варьирования механических и трибологических свойств за счет дополнительного легирования матричного сплава, совместимость с широким спектром различных армирующих компонентов и сравнительно малая дефицитность [6, 7]. По этой причине они находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности: автомобильной, авиа- и ракетостроение, судостроительной и других.



**Рисунок 1 – Доля металломатричных композиционных материалов в зависимости от состава матрицы**

**Figure 1 – The proportion of metal matrix composite materials depending on the matrix composition**

В качестве наполнителя наибольшее применение находят материалы, армированные дисперсными частицами карбида кремния ( $SiC$ ) – около 19 % и оксидом алюминия ( $Al_2O_3$ ) – около 10 % (рис. 2) [5].

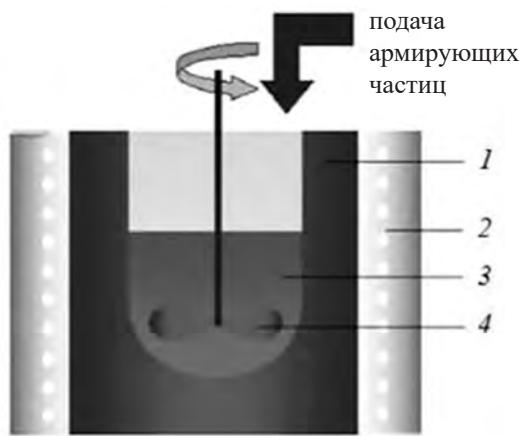


**Рисунок 2 – Доля металломатричных композиционных материалов в зависимости от состава армирующего компонента**

**Figure 2 – The share of metal matrix composite materials depending on the composition of the reinforcing component**

Анализ существующих на сегодняшний день технологий получения ММКМ: ультразвуковое замешивание, плазменная инжекция порошковых частиц, методы эндогенного армирования, инжекция струей инертного газа, механическое замешивание реакционно-активных порошков и др. позволяет сделать вывод, что используемые методы получения ММКМ не имеют стабильных результатов, а в некоторых случаях применимы только для отдель-

ных видов ММКМ (по типу матрицы). Наиболее распространенным методом получения литейных ММКМ, является метод совмещения фаз путем энергичного перемешивания расплава матрицы с вводом в него дисперсных частиц или коротких волокон армирующих компонентов (рис. 3).



1 – тигель; 2 – печь; 3 – матричный расплав;  
4 – импеллер

1 – crucible; 2 – furnace; 3 – matrix melt; 4 – impeller

**Рисунок 3 – Схема получения металломатричных композиционных материалов методом механического замешивания**

**Figure 3 – Scheme of obtaining metal-matrix composite materials by mechanical mixing**

Данный метод имеет ряд недостатков, к основным из которых можно отнести: интенсивное газонасыщение расплава матрицы в процессе замешивания армирующих частиц, пористость полученных отливок, образование конгломератов из армирующей фазы и окисных пленок матричного материала, невозможность введения тонкодисперсной, в том числе наноразмерной, армирующей фазы, эрозионный износ лопастей импеллера.

Применение технологий, предусматривающих высокое энергетическое воздействие в процессе структурообразования, позволяет управлять макро- и микроструктурой, прочностными и эксплуатационными характеристиками изделий различного назначения. Современное представление об эффективном управлении свойствами материалов основывается на возможности создания условий, которые могут радикально влиять на процессы самоорганизации структур [8, 9].

Существующие на сегодняшний день методы

получения металломатричных композитных материалов не имеют стабильных результатов, а в некоторых случаях применимы только для конкретных материалов. Поэтому разработка новых технологий получения ММКМ, направленная на повышение экономической эффективности за счет снижения удельного веса деталей машин и оборудования, повышения прочностных характеристик, снижение линейного коэффициента температурного расширения, повышения жаропрочности, коррозионно- и износостойкости, тепло- и электропроводности и др. является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является исследование возможности получения алюроматричных композиционных материалов (АМКМ) на основе алюминия и его сплавов, армированных дисперсными частицами *SiC* в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия. Провести исследования структуры и свойств полученных экспериментальных образцов АМКМ.

**Материалы и методы исследования.** Для получения экспериментальных образцов АМКМ в качестве материала матрицы использовали гранулированный алюминий технической чистоты марки А1 (ТУ 6-09-3742-87), сплавы на основе А1. В качестве армирующих частиц применяли *SiC* в виде порошка с размером фракции F120 (90–125 мкм). Получение экспериментальных образцов осуществлялось на индукционной установке УВГ2-25 мощностью 25кВт.

Методы проведения исследования полученных

образцов АМКМ:

- металлографические с применением оптического микроскопа CarlZeissAxioVision, оснащенного устройством визуализации изображения;
- электронной микроскопии с применением электронного микроскопа JEOL JSM 7001F;
- энергодисперсионный и химический анализ в растровом электронном микроскопе JEOL JSM 7001F, оснащенном энергодисперсионным спектрометром фирмы OxfordInstruments;
- анализ твердости на приборе TP5006 при нагрузке 980,7 Н, в качестве индентора был использован шарик из закаленной стали  $D = 2,5$  мм.

Значение твердости определялось по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где  $P$  – нагрузка,  $D$  – диаметр шарика,  $d$  – диаметр отпечатка.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Образцы АМКМ были получены в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия с применением высокочастотной индукционной установки транзисторного типа УВГ2-25 мощностью 25 кВт. Общий вид установки приведен на рисунке 4. Плавление шихты осуществлялось в керамическом тигле, который размещался внутри индуктора (рис. 4 б).



а (а)



б (б)

**Рисунок 4 – Высокочастотная индукционная установка:**  
а – общий вид; б – тигель с расплавом, размещенный в индукторе

**Figure 4 – High-frequency induction unit:**  
a – general view; b – crucible with melt placed in the inductor

Индукционный нагрев металлов основан на двух физических законах: законе электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла и законе Джоуля-Ленца. Получение расплавов металлических материалов в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия заключается в нагреве металла вихревыми токами, которые возбуждаются в нём переменным электромагнитным полем индуктора. На рисунке 5 приведена схема получения расплава в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия.

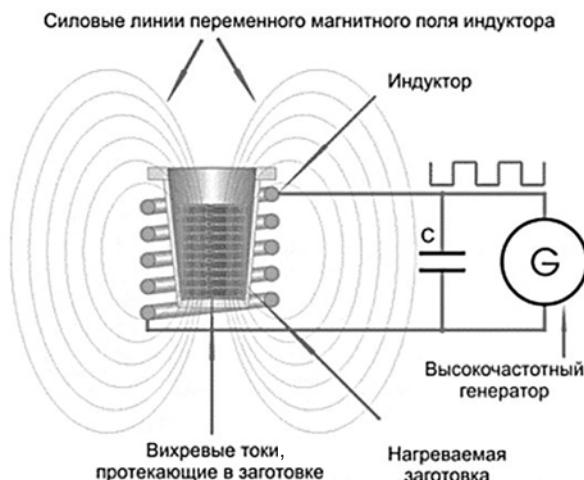


Рисунок 5 – Схема получения расплава в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия

Figure 5 – Scheme of obtaining a melt under conditions of high-energy induction action

Кроме того, электромагнитное поле, взаимодействуя с вихревыми токами, создает объемную силу Лоренца, которая способствует перемешиванию расплава в условиях магнитной гидродинамики [10]. Интенсивность перемешивания расплава увеличивается с повышением циклической частоты. При этом повышается и скорость нагрева, за счет уменьшения толщин скин-слоя [11].

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu\mu_0}}, \text{ м} \quad (2)$$

где  $\omega = 2\pi f$  – циклическая частота генератора;  $\mu$  – магнитная проницаемость вещества;  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $\rho$  – удельное сопротивление вещества.

Повышение скорости нагрева, за счет снижения толщины скин-слоя обусловлено тем, что для получения матричного расплава АМКМ был использован гранулированный алюминий (диаметр гранул

7–12 мм, толщина 2–3 мм), что значительно увеличивает удельную площадь нагреваемой поверхности, а, следовательно, и скорость нагрева.

Получение экспериментальных образцов осуществлялось по двум методам:

1. Армирующий компонент вводился в расплав алюминия при помощи «колокола», после чего производилось предварительное механическое замешивание в течение 15–20 секунд.

2. Исходные материалы для получения экспериментальных образцов перед плавлением подвергались предварительному брикетированию (без подогрева) на гидравлическом прессе с усилием 50 кН. Общий вид полученных брикетов приведен на рисунке 6.

Содержание армирующего компонента (*SiC*) составляло 15 % (по массе).



Рисунок 6 – Общий вид брикета после прессования *Al-SiC*

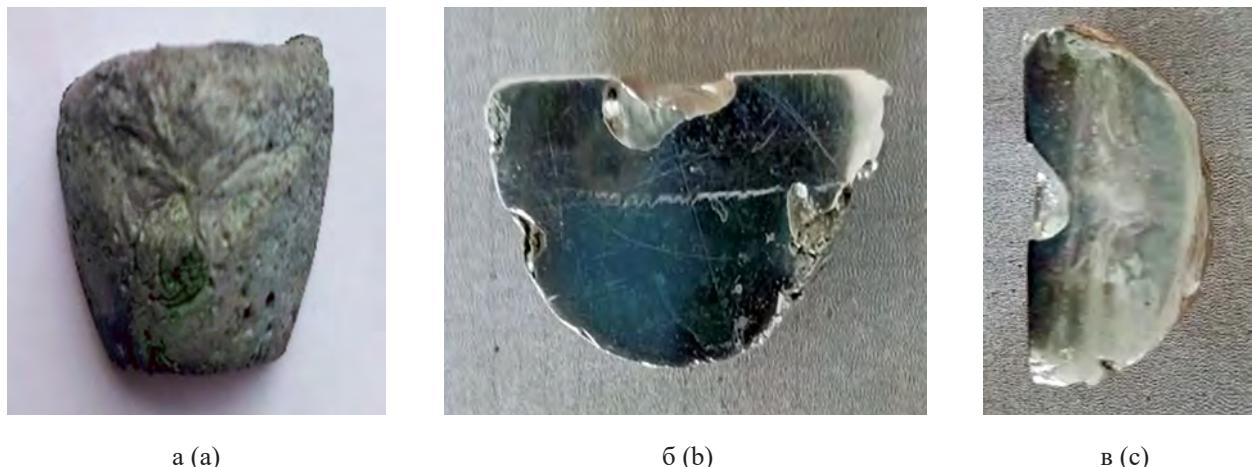
Figure 6 – General view of the briquette after pressing *Al-SiC*

Брикетирование шихтового материала позволяют распределить армирующий компонент (*SiC*) по объему АМКМ и исключить этап механического ввода армирующих частиц после расплавления материала матрицы. Введение армирующего компонента в расплав матричного материала при помощи «колокола» с последующим механическим перемешиванием может сопровождаться газонасыщением расплава и снижением механических и эксплуатационных свойств.

В ходе выполнения работы частота тока уменьшалась с 48 кГц до 38 кГц. После полного расплавления шихтового материала при частоте тока 48 кГц, перемешивание расплава осуществлялось в течение 1,5–2,0 мин. при температуре 900–950 °С. С целью предотвращения осаждения частиц армирующей фазы *SiC*, плотность которой составляет 3,21 г/см<sup>3</sup>, частоту понижали до 38 кГц, что приводило к сни-

жению температуры расплава близкой к температуре ликвидус алюминия, при этом перемешивание расплава продолжалось. После выключения индуктора, полученный расплав остается в тигле до полного охлаждения.

Образцы для проведения исследований вырезались из середины слитка, полученного АМКМ, в продольном и поперечном сечениях (рис. 7).

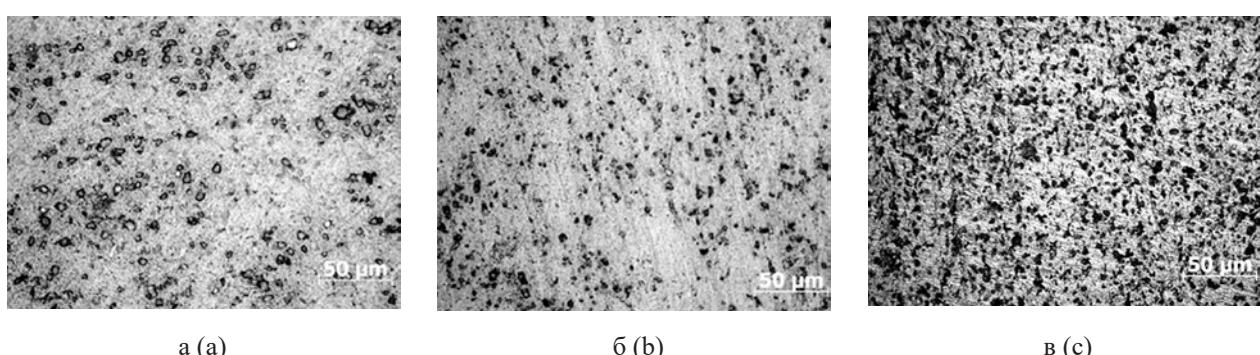


**Рисунок 7 – Образцы для проведения исследований:**  
а – общий вид; б – в продольном сечении; в – в поперечном сечении

**Figure 7 – Samples for research:**  
a – general view; b – in longitudinal section; c – in cross section

Микроструктура нетравленых АМКМ, полученных введением армирующего компонента в расплав матричного материала при помощи «колокола» с последующим механическим перемешиванием при-

ведена на рисунке 8. Полученная структура характеризуется наличием равномерно распределенного армирующего компонента (темные частицы) по объему матрицы (серый фон).



**Рисунок 8 – Структура алюмоматричных композиционных материалов с механическим замешиванием:**  
а – верхняя часть слитка; б – средняя часть слитка; в – нижняя часть слитка

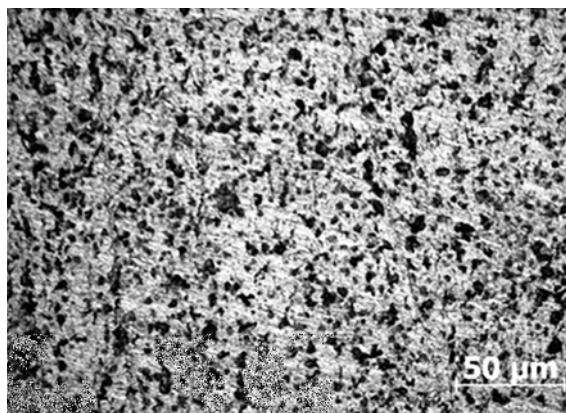
**Figure 8 – Structure of aluminum matrix composite materials with mechanical mixing:**  
a – upper part of the ingot; b – middle part of the ingot; c – lower part of the ingot

Микроструктура АМКМ, полученных с применением предварительно брикетированных компонентов, так же показывает равномерность распределения армирующих частиц по объему матричного материала (рис. 9).

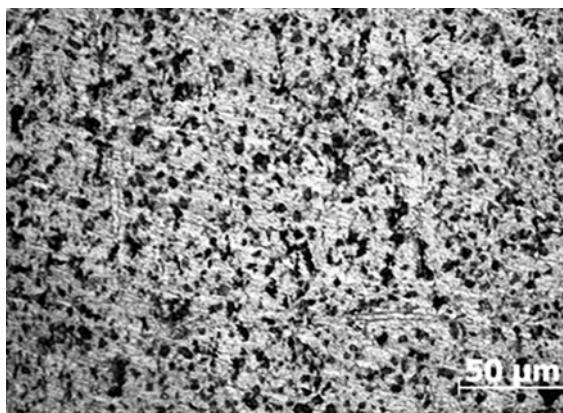
В структуре полученных экспериментальных образцов наблюдается разница объемной доли армирующего компонента (см. рис. 8 и 9). Это связано с тем, что введение армирующего компонента при помощи колокола с последующим механическим замешиванием сопровождается образованием кон-

гломератов  $SiC$ , которые частично смешиваются с оксидной пленкой алюминия, поднимаются на поверхность расплава и не участвуют в формировании структуры АМКМ. Предварительное брикетирование исключает этап принудительного распределения карбида кремния по объему расплава.

Результаты проведенного энергодисперсионного анализа (рис. 10) показывают, что химический состав исследованных включений, отмеченных спектрами 1, 3, 4 (рис. 10 б) соответствует составу  $SiC$  (табл. 1). Химический состав матрицы, спектр 2 – алюминий.



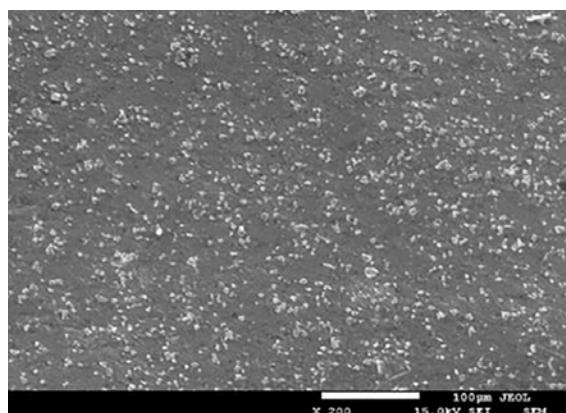
а (а)



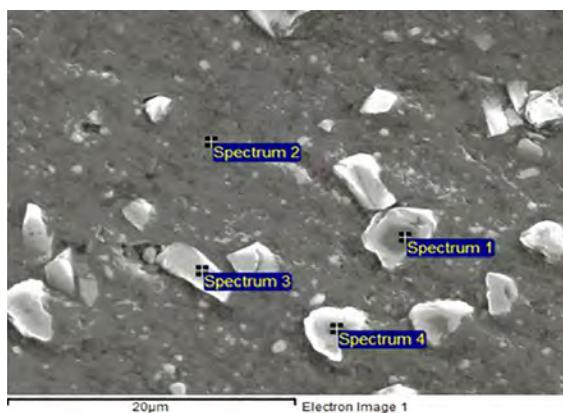
б (б)

Рисунок 9 – Структура алюроматричных композиционных материалов с предварительным брикетированием: а – верхняя часть слитка; б – нижняя часть слитка

Figure 9 – Structure of aluminum matrix composite materials with preliminary briquetting:  
a – upper part of the ingot; b – lower part of the ingot



а (а)



б (б)

Рисунок 10 – Энергодисперсионный анализ:  
а – общий вид электронно-микроскопического изображения;  
б – точечные спектры для определения химического состава

Figure 10 – Energy dispersive analysis:  
a – general view of electron microscopic image; b – point spectra for determining chemical composition

**Таблица 1 – Химический состав алюмоматричных композиционных материалов в ат. %****Table 1 – Chemical composition of aluminum matrix composite materials in at. %**

Химические элементы, ат. %	Spectrum 1	Spectrum 2	Spectrum 3	Spectrum 4
C	53,73	-	45,59	50,87
Al	0,64	100,0	1,92	-
Si	45,64	-	52,49	52,49

Твердость экспериментальных образцов АМКМ, полученных методом механического замешивания, составляет 195–220 МПа, а с применением предварительного брикетирования 240–260 МПа (твердость алюминия марки А1 составляет 20 МПа). Твердость одного из наиболее широко применяемых в различных отраслях промышленности сплавов АМг5 составляет 70–75 МПа. Стоит отметить, что значение твердости является косвенным показателем предела прочности материала при статическом растяжении, а значит прочностные характеристики полученных экспериментальных образцов выше, чем у материала АМг5.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показали возможность получения ММКМ на основе алюминия в условиях высокоэнергетического индукционного воздействия с применением в качестве армирующих

частиц карбида кремния в виде порошка. Металлографические исследования показали равномерность распределения армирующих частиц по объему композитного материала, что является решением одной из важных задач в формировании структуры литейных композиционных материалов. Предварительное брикетирование исходных материалов позволяет исключить этап механического замешивания и способствует сохранению большей доли армирующего компонента *SiC* в структуре полученного композита, что приводит к увеличению твердости и снижению себестоимости продукта. Проведенный энергодисперсионный анализ показал, что структура полученных образцов композиционного материала состоит из алюминиевой матрицы и дисперсных частиц карбида кремния. Отсутствие других фаз и структурных составляющих позволяет предположить, что растворение карбида кремния в расплаве матричного материала, с образованием новых фаз, не происходит.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prusov, E. S. Modern methods of metal matrix composite alloys production and new approaches to realization of reinforcing scheme / E. S Prusov // *Machines, Technologies, Materials.* – 2014. – №8 (2014). – P. 11–13. <https://stumejournals.com/journals/mtm/2014/1/11>.
2. Прусов, Е. С. Современные методы получения литых композиционных сплавов / Е. С. Прусов, А. А. Панфилов, В. А. Кечин // *Литейщик России.* – 2011. – № 12. – С. 35–39. [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=9627](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9627).
3. Масанский, О. А. Получение алюмоматричных композитных материалов по технологии электроимпульсного спекания / О. А. Масанский, А. М. Токмин, А. Г. Анисимов, С. О. Масанский // *Известия Алтайского государственного университета.* – 2024. – № 1 (135). – С. 37–42. DOI: 10.14258/izvasu(2024)1-04.
4. Панфилов, А. А. Металлургия алюмоматричных композиционных сплавов / А. А. Панфилов, Е. С. Прусов, В. А. Кечин. – Владимир : Изд-во ВлГУ. – 2017. – 192 с.
5. Adebisi, A. A. Metal matrix composite brake rotor: historical development and product life cycle analysis / A. A. Adebisi, M. A. Maleque, M. M. Rahman. // *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering.* – 2011. – №4 (2011). – P. 471–480. DOI:10.15282/ijame.4.2011.8.0038.
6. Lakshmikanthan, A. Mechanical and tribological properties of aluminum-based metal-matrix composites. / A. Lakshmikanthan, S. Angadi, V. Malik [et al.] // *Materials.* – 2022. – 15(17). – P. 6111. DOI:10.3390/ma15176111.
7. Sharma, A. K. A study of advancement in application opportunities of aluminum metal matrix composites / A. K. Sharma, R. Bhandari, A. Aherwar [et al.] // *Materials Today: Proceedings.* – 2020. – №26 (2020). – P. 2419–2424. DOI:10.1016/J.MATPR.2020.02.516.

8. Прусов, Е. С. Формирование фазового состава алюмоматричных нанокомпозитов в условиях жидкофазного реакционного синтеза / Е. С. Прусов, А. А. Панфилов, В. А. Кечин, А. В. Киреев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. – 2016. – № 37. – С. 160–165. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28765424>.
9. Масанский, О. А. Получение слоистого композиционного материала с регулируемой структурой и свойствами: дис. ... канд. техн. наук : 05.16.06 / О. А. Масанский. – Красноярск : СФУ, 2012. – 126 с.
10. Браутман, Л. Композиционные материалы. Поверхности раздела в металлических композитах / Л. Браутман, Р. Крок. – Москва : Мир. – 1978. – Т1. – 438 с.
11. Ткачев, В. Н. Индукционная наплавка твердых сплавов / В. Н. Ткачев, Б. М. Фиштейн, Н. В. Казинцев, Д. А. Алдырев. – Москва : Машиностроение. – 1970. – 184 с.

## REFERENCES

1. Prusov ES. Modern methods of metal matrix composite alloys production and new approaches to realization of reinforcing scheme. *Machines, Technologies, Materials*. 2014;8(2014):11-13. <https://stumejournals.com/journals/mtm/2014/1/11>.
2. Prusov ES, Panfilov AA, Kechin VA. Modern methods of obtaining cast composite alloys. *Lityeshchik Rossii = Foundry of Russia*. 2011;(12(2011)):35-39. [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=9627](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9627). (In Russ.)
3. Masanskii OA, Tokmin AM, Anisimov AG, Masanskii SO. Production of aluminomatrix composite materials using electric pulse sintering technology. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta = Izvestiya of Altai State University*. 2024;(1(135)):37-42. DOI: 10.14258/izvasu(2024)1-04. (In Russ.)
4. Panfilov AA et al. Metallurgiya alyumomatrichnyh kompozicionnyh splavov = Metallurgy of Aluminum-Matrix Composite Alloys. Vladimir : Izd-vo VIGU; 2017:192. (In Russ.)
5. Adebisi AA, Maleque MA, Rahman MM. Metal matrix composite brake rotor: historical development and product life cycle analysis. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2011;4(2011): 471–480. DOI:10.15282/ijame.4.2011.8.0038.
6. Lakshmikanthan A, Angadi S, Malik V et al. Mechanical and tribological properties of aluminum-based metal-matrix composites. *Materials*. 2022;15(17):6111. DOI: 10.3390/ma15176111.
7. Sharma AK, Bhandari R, AherwarA et al. A study of advancement in application opportunities of aluminum metal matrix Composites. *Materials Today : Proceedings*. 2020;26(2020):2419–2424. DOI: 10.1016/J.MATPR.2020.02.516.
8. Prusov ES, Panfilov AA, Kechin VA, Kireev AV. Formation of the phase composition of aluminum-matrix nanocomposites under conditions of liquid-phase reaction synthesis. *Vestnik gorno-metallurgicheskoy sektsii Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk. Otdelenie metallurgii*. 2016;37(2016):160–165. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28765424>. (In Russ.)
9. Masansky OA. Poluchenie sloistogo kompozitsionnogo materiala s reguliruemoy strukturoy i svoystvami: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.16.06 = Obtaining a Layered Composite Material With a Controlled Structure and Properties: dissertation. ... Cand. Tech. Sciences : 05.16.06. Krasnoyarsk: SFU; 2012:126. (In Russ.)
10. Brautman L et al. Kompozitsionnye materialy. Poverkhnosti razdela v metallicheskikh kompozitakh = Composite materials. Interface surfaces in metal composites. Moscow: Mir; 1978:438. (In Russ.)
11. Tkachev VN et al. Induktsionnaya naplavka tverdykh splavov = Induction Surfacing of Hard Alloys. Moscow: Mashinostroenie; 1970:184. (In Russ.)

**Сведения об авторах****Information about the authors****Олег Александрович Масанский**

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и технологии обработки материалов», Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

*E-mail: pi775@yandex.ru*

ORCID:<https://orcid.org/0009-0007-0879-6268>

**Oleg A. Masanskii**

Ph. D. in Eng., Assoc. Prof. Head of the Department of Materials Science and Technology of Materials Processing, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

*E-mail: pi775@yandex.ru*

ORCID:<https://orcid.org/0009-0007-0879-6268>

**Александр Михайлович Токмин**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Материаловедение и технологии обработки материалов», Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

*E-mail: tam550@yandex.ru*

**Aleksandr M. Tokmin**

Ph. D. in Eng., Assoc. Prof. Associate Professor of the Department of Materials Science and Technology of Materials Processing, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

*E-mail: tam550@yandex.ru*

**Алёна Руслановна Масанская**

Студент 2-го курса Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Российская Федерация

*E-mail: alyboy@mail.ru*

**Alyona R. Masanskaya**

2nd year student at the Polytechnic Institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

*E-mail: alyboy@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 04.06.2025.

## Фирменный стиль как позиционирование бренда

**И. Л. Кириллова, Е. П. Апанасевич** Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В работе рассматривается актуальность фирменного стиля в современных рыночных условиях. Данная работа посвящена исследованию фирменного стиля, его ключевых элементов и этапов создания. Установлено, что фирменный стиль занимает место одного из самых актуальных и действенных видов коммуникации.

Целью работы является создание фирменного стиля и визуальной айдентики для кофейни. Инновационность проекта заключается в сочетании, казалось бы, несовместимых сфер – брутальной эстетики мотоциклов и утонченного наслаждения кофе. Такое направление мало представлено в кофейной индустрии Беларуси и на мировой арене. Концепция MotoKava призвана привлечь ценителей скорости, свободы и ароматного напитка, расширяя границы привычной аудитории. В процессе исследования применялись методы наблюдения и опроса, аналитический и литературно-обзорный подходы и источник креативного вдохновения.

Результатом работы стал фирменный стиль, включающий в себя: динамичный логотип, вариативные паттерны, стильные бумажные стаканчики, лаконичные бейджи, информативный буклет, яркие флаги, запоминающиеся фирменные значки и элегантные визитки. Продолжением визуальной концепции стала настенная графика. Практическая ценность проекта заключается в его адресности и реальной востребованности. Разработанный концепт, созданный специально для конкретного заказчика, призван укрепить позиции его бренда на рынке, определить верное позиционирование и привлечь лояльную аудиторию.

Проект успешно внедрен, став отправной точкой для ребрендинга. В работе представлены варианты разработанного логотипа и других элементов фирменного стиля для мотокафе, созданные студенткой кафедры дизайна и моды Витебского государственного технологического университета.

*Ключевые слова:* актуальность, айдентика, фирменный стиль, логотип, бренд.

## Corporate Identity as Brand Positioning

**Irina L. Kirillova** **Educational institution "Vitebsk State Technological University",**  
**Ekaterina P. Apanasevich** **Vitebsk, Republic of Belarus**

**Abstract.** The paper considers the relevance of corporate identity in modern market conditions. This work is devoted to the study of corporate identity, its key elements and stages of creation. It has been determined that corporate identity occupies the place of one of the most relevant and effective types of communication. The purpose of the work is to create a corporate identity and visual identity for a coffee shop. The innovation of the project lies in the combination of seemingly incompatible spheres – the brutal aesthetics of motorcycles and the refined enjoyment of coffee. This trend is hardly represented in the Belarusian coffee industry and on the world stage. The MotoKava concept is designed to attract connoisseurs of speed, freedom and a fragrant drink, expanding the boundaries of the usual audience. In the course of the research, methods of observation, survey, analytical review, literary analysis, and creative exploration were applied. The result of the work was a corporate identity comprising: a dynamic logo, variable patterns, stylish paper cups, concise badges, an informative booklet, bright flags, memorable company badges and elegant business cards. Wall graphics extend the visual concept. The practical value of the project stems from its targeted approach and market relevance. The developed concept, tailored for the customer, aims to strengthen brand positioning and attract a loyal audience. The project has been successfully implemented, serving as the starting point for rebranding. The paper presents design variants of the logo and other corporate identity elements for a motorcycle cafe, created by a student of the Department of Design and Fashion of Vitebsk State Technological University.

*Keywords: relevance, identity, corporate identity, logo, brand.*

## ВВЕДЕНИЕ

Фирменный стиль определяют словом *identity*, что означает «опознавательный знак, отличие, особенность». Это и есть основная задача айдентики – идентификация [1].

Целью работы является разработка фирменного стиля и графики для кофейни.

Идея и новизна исследования заключается в использование грамотной рекламной стратегии для позиционирования бренда на примере фирменного стиля для кофейни «MotoKava». В разработке фирменного стиля выступает дерзкое сочетание брутальной мото-тематики и утонченного мира кофе. Такое направление мало представлено в Беларуси и предполагается, что оно пробудит живой интерес у потребителя и будет пользоваться спросом.

Задачи исследования:

- изучить возникновение и формирование фирменного стиля;
- выделить его основные элементы;
- провести анализ аналогов, чтобы увидеть полную картину рынка;
- исследовать процесс создания фирменного стиля и его этапов;
- разработать основные элементы фирменного стиля.

Основная задача – формирование благоприятного образа компании в глазах потребителей. Для его создания важно хорошо изучить потребности и желания заказчика и клиентов: что они хотят, чего ожидают от товара или услуги, как оценивают деятельность компании. Необходимо учесть мнения работников и клиентов, изучить сведения об отличительных характеристиках индустрии, только тогда появятся объективные выводы, которые помогут качественно разработать айдентику.

Актуальность исследования обусловлена тем, что, основываясь на теоретический и практический опыт исторического наследства и опыт крупнейших зарубежных компаний, используя символику различных культур, определяется, что айдентика сегодня – это один из важнейших элементов, благодаря которым потребители узнают, запоминают компанию и формируют положительное отношение к ней.

Этот проект – не просто теория, у него есть конкретный заказчик. Разработанный концепт будет жить и работать, укрепляя бренд на рыночной арене.

Рекламно-информационная поддержка включает создание фирменного стиля, так как любой бизнес нуждается в продвижении. В случае кофейни «MotoKava» эту роль, на сегодняшний день, выполняет рекламная страничка в Instagram, там происходит взаимодействие с потребителями, информирова-

ние о рекламных акциях и о продукции.

Фирменный стиль можно считать одним из самых современных и актуальных видов рекламы. Используя литературно-обзорный и аналитический методы исследования, было выявлено, что фирменный стиль – это не только художественная концепция, но и работающий маркетинговый инструмент [2].

Тема исследования актуальна как никогда, ведь конкуренция на рынке растет с каждым днем. В Новополоцке, где расположена кофейня, уже открыты десятки заведений общественного питания. Поэтому создание уникальной и запоминающейся айдентики – это не просто желание, это необходимость, чтобы привлечь внимание клиентов.

Проект важен не только для бизнеса, но и для общества. Именно рекламная и информационная поддержка влияют на выбор потребителя. Кофейня уже на данный момент выделяется качеством реализуемого продукта и демократичными ценами. Ее расположение в центре города обеспечивает постоянный поток посетителей. После ребрендинга планируется, что кофейня будет привлекать еще больше гостей не только качественной продукцией, но и уникальным фирменным стилем, создающим неповторимую атмосферу.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

История кофейни началась как скромный островорок в торговом центре «Манеж» в городе Полоцке. После нескольких лет успешной работы учредители, в целях экономии средств, приняли решение расширяются и открыли небольшую кофейню в помещении, созданном из морского контейнера. Поначалу посетителей было немного, в основном те, кто случайно проходил мимо. Но со временем, благодаря качественному кофе и теплому обслуживанию, клиенты стали возвращаться снова и снова. Сейчас вокруг кофейни сформировалось целое сообщество байкеров и увлеченных людей – это и есть ее изюминка. Поэтому фирменный стиль должен поддерживать этот дух свободы и привлекать новых гостей, которым близка мото-тематика или просто хочется чего-то необычного.

Разработка особенной концепции заведения, минималистичного логотипа и единого стиля для всех элементов бренда позволит наладить контакт с потребителем, вызвать положительные эмоции и сделать выбор в пользу этой кофейни очевидным.

Объектом данного исследования является фирменный стиль.

В современном мире, где конкуренция господствует во всех сферах, как среди частных компаний, так и среди государственных организаций, проблема идентификации стоит особенно остро. Главный

способ ее решения – создание или поддержание имиджа, который будет обеспечивать визуальное и смысловое единство всей информации, исходящей от организации. И с этой задачей успешно справляется фирменный стиль.

Сегодня фирменный стиль – это основа коммуникационной политики компании, мощное оружие в борьбе за покупателя и важнейшая составляющая брендинга. Это единое оформление продукции, деловых бумаг, документации, упаковок, маркетинговых материалов и всего остального [3].

Под фирменным стилем понимают набор цветовых, графических, словесных и прочих постоянных элементов, которые обеспечивают визуальное и смысловое единство товаров или услуг, всей информации, исходящей от фирмы, ее внутреннего и внешнего облика [4].

Определиться со стилем и направлением будущего проекта, выделить главное и отбросить второстепенное помогает мудборд. Используя собранные материалы, дизайнер создает новый проект. На основе пожеланий заказчика был разработан мудборд по теме исследования (рис. 1). Он помогает увидеть общую картину, почувствовать настроение проекта и выбрать правильный путь.



Рисунок 1 – Мудборд кофейни MotoKava

Figure 1 – MotoKava coffee shop mudboard

В графическом дизайне мудборд – это коллекция изображений с текстурами, элементами типографики, цветовой палитрой и цитатами. Его составляют на одном из первых этапов разработки дизайн-концепции проекта. Все элементы размещаются в виде коллажа на одном поле [5]. Таким образом, мудборд является важным этапом дизайн-проектирования и имеет эстетическое и практическое значение.

На основе анализа аналогов и современных тенденций в графическом дизайне, применяя литератуально-обзорный и аналитический методы, было определено, что фирменный стиль – одно из главных направлений в современном графическом дизайне, а логотип – ключевой элемент, формирующий уникальный образ компании. Логотип – это визуальный символ, который служит основой для узнаваемости бренда. В сочетании с фирменным стилем, включающим цветовую палитру, типографику, графические элементы и другие атрибуты, он помогает создать единое и запоминающееся представление о компании [1].

Креативная идея проекта воплощается в знаке-логотипе для кофейни. Логотип важен для идентификации, поэтому он должен быть уникальным, узнаваемым, вызывать положительные эмоции и ассоциации у потребителя.

На первых этапах разработки фирменного стиля для кофейни была собрана информация по аналогам и современным тенденциям в графическом дизайне, разработано несколько концепций логотипа (рис. 2 а, б, в).

Первая концепция символизирует круглое колесо мотоцикла (рис. 2 а). По краю в негативном пространстве угадывается мотоциклетная цепь, важная деталь конструкции байка. В центре – зерно кофейного цвета, обладающее металлическим блеском, как и сам мотоцикл. Вокруг зерна снова расположена цепь и название кофейни MotoKava.

Вторая концепция логотипа выполнена в ретро-стиле (рис. 2 б). Основным элементом логотипа является ретро мотоцикл. За ним расположена мотоциклетная шина. Она напоминает круглое закатное солнце. Внизу композиции находится черная лента с названием кофейни.

Идея свободы в байкерской среде воплощается в нескольких символах: крылья, птицы, изображения байкера, едущего за горизонт, пламя и языки огня. Часто встречаются татуировки и символика, означающие свободу, скорость, жажду движения. Крылья – это порыв, ветер, движение. Расправленные крылья – синоним слова «свобода» [10].

После обсуждения концепций логотипа с заказчиком было принято решение создавать логотип на основе третьего прототипа (рис. 2 в).



Рисунок 2 – Концепции логотипа MotoKava: а – колесо мотоцикла, б – ретро-стиль, в – крылья

Figure 2 – MotoKava logo concepts: a – motorcycle wheel, b – retro style, c – wings

Используя идею третьей концепции, процесс разработки был продолжен. Основные полученные варианты представлены на рисунке 3.

Главная мысль логотипа осталась неизменной, продолжился поиск формы, шрифтов, пластического решения. После анализа полученных результатов, консультаций с заказчиком было принято решение дорабатывать вариант № 6. Он представляется более гармоничным и уравновешенным: минимум лишних элементов, читаемый шрифт, простая для восприятия и понятная форма. Читается символ крыльев и кофейного зерна.

После небольших изменений и доработки был спроектирован логотип, представленный на рисунке 4.

Базовая форма логотипа – круг, считающийся самой идеальной формой. Он прост для восприятия и понятен. Круг (и все фигуры, основанные на его форме) – одна из наиболее дружелюбных и завершенных форм. С точки зрения психологии круг представляется гармоничной и надежной фигурой. Он символизирует природу, солнце [6].

Из истории известен символ Уророс, имеющий древнеегипетское происхождение: змея, кусающая



Рисунок 3 – Развитие идеи логотипа

Figure 3 – Logo idea development



**MotoKava**

Рисунок 4 – Логотип кофейни MotoKava

Figure 4 – MotoKava coffee shop logo

свой хвост (рис. 5). Это один из самых известных символов жизни и вечности, аналоги которого встречаются в странах Скандинавии, Среднего Востока и Юго-восточной части Европы [7].

Форма круга, эта извечная и понятная геометрия, находит свое отражение в природе, где преобладают округлые и сферические формы. Наше подсознание, склонное к узнаваемому, охотно откликается на графические элементы, основанные на круге, воспринимая их с теплотой и доверием. В различных культурах круг предстает как символ вечного круговорота жизни и небытия, воплощение цикличности и божественного пророчества [6].



Рисунок 5 – Уророс  
(змея, кусающая свой хвост)

Figure 5 – Ouroboros (snake biting its tail)

Графическая форма – это не просто визуальный элемент, это ключ к подсознанию, способный пробуждать эмоции и влиять на поведение. Круг, в частности, часто становится центральным объектом художественных исследований. В знаковых произведениях Василия Кандинского круги занимают доминирующее положение, наделенные автором мистическими свойствами [8]. Кандинский видел в круге четвертое измерение, утверждая, что он хранит в себе тайное и неизведенное содержание (рис. 6).



Рисунок 6 – Округлые формы в работе  
Василия Кандинского

Figure 6 – Rounded shapes in the work  
of Wassily Kandinsky

В графическом дизайне круг – это мощный инструмент выразительности, притягивающий взгляд и создающий визуальный акцент. Дополненный линиями и другими элементами, как, например, в знаменитом логотипе BMW, он обретает особую силу (рис. 7).

Круги часто применяются в дизайне логотипов, пиктограмм и иконок. Наиболее часто они используются при проектировании логотипов тех продуктов, которые ассоциируются с безопасностью, упорядоченностью, надежностью и завершенностью. Самые известные логотипы, в основе которых лежит круг, с которыми ежедневно взаимодействует каждый пользователь интернета – логотипы браузеров.

Любая графическая форма влияет на подсознание человека определенным образом. Она воздействует на поведение и эмоции человека.

Логотип MotoKava – это лаконичная и понятная форма, выполненная шрифтом Arsenal в начертании



Рисунок 7 – Логотип BMW

Figure 7 – BMW logo

Bold Italic, с дескриптором, использующим шрифт Segoe UI в начертании Regular (рис. 8).

Образ логотипа – это гармоничное слияние двух символов: кофейного зерна и крыльев. В центре композиции находится символ кофе, стилизованный под окружную форму, что создает визуальный баланс и ощущение стабильности. Эта форма, в то же время, напоминает колесо мотоцикла, а своеобразная волна в центре, придающая кофейному зерну узнаваемость, в данном случае стилизована под механическую деталь, напоминая замочную скважину или элемент двигателя.



Рисунок 8 – Логотип MotoKava с дескриптором

Figure 8 – MotoKava logo with a descriptor

Шрифт в логотипе выбран таким образом, чтобы подчеркнуть ощущение движения и полета, его жирность и начертание перекликаются с графикой логотипа, где плавные линии чередуются по толщине [9].

Логотип MotoKava – это оригинальный графический образ, чья символика идеально соответствует эстетике и философии бренда, что было согласовано с заказчиком проекта.

При использовании логотипа недопустимо искашение его пропорций, сжатие, растягивание, наклон, вращение, добавление или удаление элементов.

Логотип является собой гармоничный союз двух символов – кофейного зерна и распостертых крыльев. В сердце композиции – стилизованное зерно кофе. Его форма, более округлая, нежели привычная, призвана сбалансировать визуальный вес, придать знаку устойчивость и, вместе с тем, намекнуть на стремительное колесо мотоцикла. Характерная волна, безошибочно идентифицирующая кофейный символ, лишена естественных изгибов, приобретая механическую четкость. Она трансформируется в подобие замочной скважины, словно деталь сложного механизма.

Крылья в логотипе стилизованы под крылья совы в полете – символ силы, власти и мудрости [10]. Эти элементы создают ритм и динамику в композиции.

Логотип имеет оригинальный графический образ, а символика знака соответствует эстетике и философии бренда MotoKava.

Черно-белое колористическое решение было выбрано осознанно. Черный цвет, согласно символике, – это цвет строгости и формальности, он психологически воспринимается как нечто авторитетное и могущественное. Черный цвет – это цвет байкеров, ассоциирующийся с черными хромированными мотоциклами, кожаными куртками и татуировками. Он, как и байкерская философия, символизирует простоту, скромность, неизвестность и брутальность [10].

В процессе проектирования был разработан ряд паттернов, в которых используются образ мотоцикла, логотип кофейни и фирменные шрифты (рис. 9).

Известно, что сувенирная продукция – неотъемлемая часть фирменного стиля, служащая ярким и запоминающимся способом продвижения бренда или товара [12]. Для кофейни создана целая палитра фирменных атрибутов: стильные бейджи, лаконичные визитки, милые значки, фирменные стаканчики.

Визитки содержат стандартный текст: соцсети кофейни, номер телефона, адрес заведения и Instagram, логотип. Разработано несколько вариантов двусторонних визиток. Композиция визитки проста: оборотная сторона содержит центрированный логотип либо фирменный паттерн. Текстовая информация располагается двумя блоками в центре либо смешена влево для удобства чтения (рис. 10).

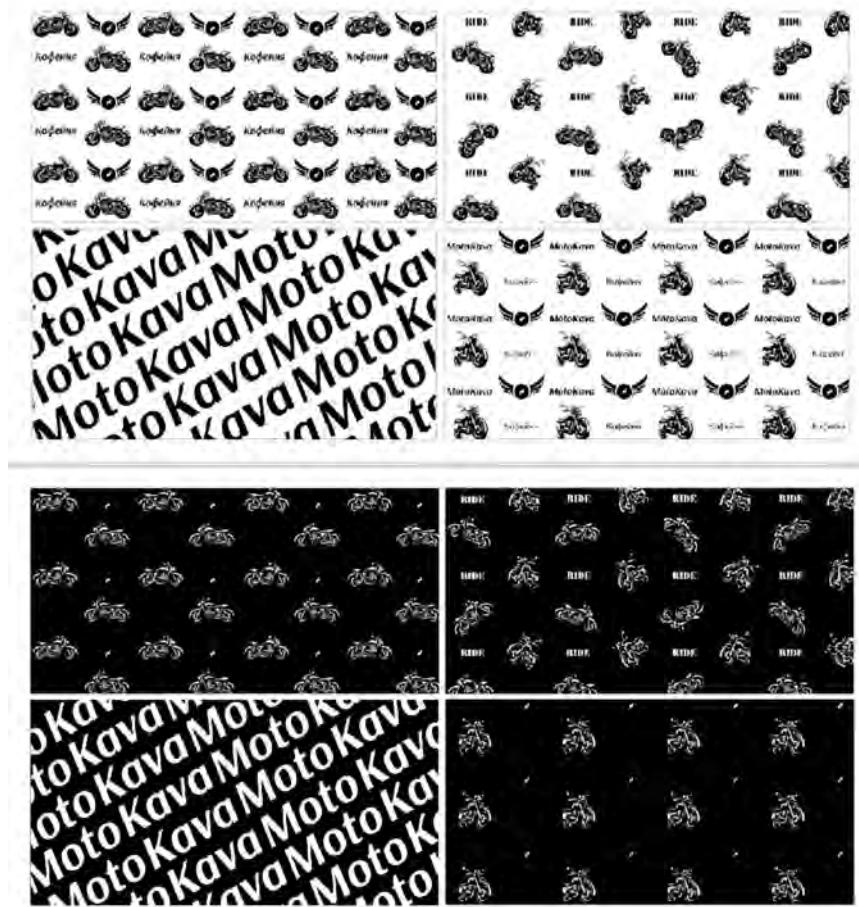


Рисунок 9 – Варианты паттернов

Figure 9 – Pattern options

Фирменные значки разработаны в черном цвете с основными фирменными элементами: логотип, мотоцикл, разработанный для фирменного паттерна и непосредственно один из вариантов паттерна (рис. 11).

Для кофейни создан рекламный буклеть, выданный в лаконичной фирменной палитре. В нем представлена вся необходимая информация: от перечня услуг и ключевых позиций меню до контактных данных, приглашающих окунуться в ароматный мир кофе (рис. 12).

В настенной графике преобладает черный цвет, как и во всех элементах айдентики. Ключевой фигурой является мотоцикл, стоящий на фоне гор и заката. Перед ним будто расступаются горы, чьи очертания напоминают крылья как в логотипе заведения.

Композиция иллюстрации, предназначеннной для интерьера кофейни, центрированная. На переднем плане находится мотоцикл, за которым – заходящее солнце, служащее светлым фоном и выгодно выделяющее фигуру байка. Форма гор вдохновлена



Рисунок 10 – Варианты фирменных визиток

Figure 10 – Variants of branded business cards



Рисунок 11 – Фирменные значки

Figure 11 – Variants of branded business cards



Рисунок 12 – Фирменный буклеть для кофейни

Figure 12 – Branded brochure for a coffee shop

пластикой крыльев логотипа и направляет взгляд в центр к основной фигуре изображения – мотоциклу. Фон иллюстрации – черный, а основные элементы выполнены в белом цвете, словно возникшая из темноты (рис. 13).

На рисунке 14 представлена иллюстрация в интерьере кофейни.



Рисунок 13 – Иллюстрация для настенной графики в кофейне

Figure 13 – Illustration for wall graphics in a coffee shop

Ключевые слова для созданной айдентики: минимализм, строгость, доступность, свобода самовыражения, непосредственность, комфорт.

Целевой аудиторией кофейни являются молодые люди 20–30 лет (в основном мужского пола), увлеченные мотоциклами, любящие кофе и неформальное общение, ведь кофейня становится центром притяжения местной молодежи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы разработана следующая продукция: логотип, настенная графика, несколько вариантов паттерна, бумажные стаканчики, бейджи, буклеть, флаажки, фирменные значки, визитки.

По итогам исследовательской работы можно сделать вывод, что фирменный стиль является неотъемлемой частью любого бизнеса: он служит идентификацией товара, гарантией качества производителя, создает чувство принадлежности для сотрудников компании, транслирует ценности бренда, вызывает положительные эмоции, формирует имидж компании.



Рисунок 14 – Графика в интерьере кофейни MotoKava

Figure 14 – Graphics in the interior of the MotoKava coffee shop

Таким образом, разработанный фирменный стиль кофейни MotoKava станет не только ее визитной карточкой, но и эффектной рекламой. Сочетание мото-тематики и кофейной культуры, практически не представленное в Беларуси, планируется, что оно пробудит живой интерес у потребителя и будет поль-

зоваться спросом. Креативный подход, основанный на актуальных графических трендах, позволит выгодно позиционировать бренд и выделить его на фоне однообразных заведений города. Проект успешно реализован.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солтанова, О. С. Фирменный стиль как инструмент эффективной визуализации / О. С. Солтанова, И. Л. Кириллова // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПО-ИСК-2024): сб. материалов Национальной (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново : Ивановский государственный политехнический университет, 2024. – № 1. – С. 902–904.
2. Тарабуко, Н. И. Разработка айдентики арт-событий, посвященных 100-летнему юбилею УНОВИС / Н. И. Тарабуко, Н. А. Абрамович, Т. Р. Горовая // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы : сб. науч. тр. междунар.

- науч.-практ. конф., Москва, 24–26 марта 2021 г. – Москва : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. – Ч. 1. – С. 75–81.
3. Попова, А. В. Проектирование логотипа для витебского зоологического парка / А. В. Попова, Е. И. Павловская // 55-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: тезисы докладов, Витебск, 27 апреля 2022 г. – Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2022. – Т. 2. – С. 182–185.
  4. Попова, А. В. Эффективность продвижения ювелирного бренда / А. В. Попова, В. А. Виноградова // *Материалы и технологии*. – 2024. – № 1 (13). – С. 42–48. DOI: 10.24412/2617-149X-2024-1-42-48.
  5. Кириллова, И. Л. Мудборд как этап дизайн-проектирования / И. Л. Кириллова, В. А. Копцова // Международная научно-техническая конференция «Молодёжь – науке 2023»: мат. докладов, Псков, май 2023 г. – Псков : Псковский государственный университет, 2023. – № 2. – С. 38–40.
  6. Котович, Т. В. Квадрат: пространство действия : монография / Т. В. Котович. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2021. – 115 с.
  7. Ворохобко, М. В. Особенности проектирования дизайна для современного бренда одежды на примере разработок брендов белорусских производителей / М. В. Ворохобко // *Материалы и технологии*. – 2023. – № 2 (12). – С. 43–49. DOI: 10.24412/2617-149X-2023-2-43-49.
  8. Казарновская, Г. В. Исследование витебского авангарда и использование его идей в дизайне графическом / Г. В. Казарновская, Н. И. Тарабуко, Н. А. Абрамович [и др.]. – Витебск: Витебский государственный технологический университет. – 2024. – 136 с.
  9. Абрамович, Н. А. Эстетические и технические особенности шрифта типа гротеск / Н. А. Абрамович, Я. В. Гуняга // 55-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: тезисы докладов, Витебск, 27 апреля 2022 г. – Витебск : Витебский государственный технологический университет. – Т. 2 – С. 170–171.
  10. Петрухина, О. В. Значение цвета при создании анимационного образовательного контента / О. В. Петрухина // *Материалы и технологии*. – 2024. – № 2 (14). – С. 82–90. DOI: 10.24412/2617-149X-2024-2-82-90.

## REFERENCE

1. Soltanova OS, Kirillova IL. Corporate identity as an effective visualization tool. In: Molodye uchenye – razvitiyu Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (POISK-2024): sb. materialov Natsional'noy (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii = Young scientists - development of the National Technological Initiative (POISK-2024): collection of materials of the National (with international participation) youth scientific and technical conference. Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet; 2024;1:902-904. (In Russ.)
2. Tarabuko NI, Abramovich NA, Gorovaya TR. Development of the identity of art events dedicated to the 100th anniversary of UNOVIS. In: Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya v oblasti inklyuzivnogo dizayna i tekhnologiy: opyt, praktika i perspektivy : sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technologies: experience, practice and prospects: Coll. sci. t. of the international. scientific and practical. conf., March 24–26, 2021, Moscow. Moscow: RGU im. A. N. Kosygina; 2021:75-81. (In Russ.)
3. Popova AV, Pavlovskaya EI. Designing a logo for the Vitebsk Zoological Park. In: 55-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya prepodavateley i studentov: tezisy dokladov = 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Abstracts of Reports, April 27, 2022, Vitebsk. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2022;2:182-185. (In Russ.)
4. Popova AV, Vinogradova VA. Effectiveness of jewelry brand promotion. *Materialy i tekhnologii* = Materials and Technologies. 2024;1(13):42–48. (In Russ.). DOI: 10.24412/2617-149X-2024-1-42-48.
5. Kirillova IL, Koptsova VA. Mudboard as a stage of design design. In: Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Molodezh'-nauke 2023»: mat. dokladov = International scientific and technical conference "Youth to Science 2023": materials of reports, May, 2023, Pskov. Pskov: Pskovskiy gosudarstvennyy universitet; 2023;2:38-40. (In Russ.).
6. Kotovich TV. Kvadrat: prostranstvo deystviya : monografiya = Square: space of action: monograph. Vitebsk: VGU imeni P. M. Masherova; 2021:115. (In Russ.).
7. Vorokhobko MV. Design features for a modern clothing brand using the example of brand developments by Belarusian manufacturers. *Materialy i tekhnologii* = Materials and Technologies. 2023;2(12):43-49. (In Russ.). DOI: 10.24412/2617-149X-2023-2-43-49.

8. Kazarnovskaya GV et al. Issledovanie vitebskogo avangarda i ispol'zovanie ego idey v dizayne graficheskem = Research of Vitebsk avant-garde and use of its ideas in graphic design. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2024:135. (In Russ.)
9. Abramovich NA, Gunyaga YaV. Aesthetic and technical features of the grotesque type font. In: 55-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya prepodavateley i studentov: tezisy dokladov = 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Abstracts of Reports, April 27, 2022, Vitebsk. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2022;2:170-171. (In Russ.)
10. Petrukhina OV. The meaning of color in the creation of animated educational content. *Materialy i tekhnologii = Materials and Technologies*. 2024;2(14):82-90. (In Russ.). DOI: 10.24412/2617-149X-2024-2-82-90.

#### Сведения об авторах

##### Кириллова Ирина Леонидовна

Доцент кафедры дизайна и моды учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

E-mail: kirilova.i.l@yandex.by

##### Апанасевич Екатерина Павловна

Студентка факультета дизайна учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

E-mail: designimoda@yandex.by

#### Information about the authors

##### Irina L. Kirillova

Associate professor of the Department of Design and Fashion of Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

E-mail: kirilova.i.l@yandex.by

##### Ekaterina P. Apanasevich

Student of the Faculty of Design of Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

E-mail: designimoda@yandex.by

Статья поступила в редакцию 12.05.2025.

## Проектирование элементов авторского стиля в дизайне интерьера салона красоты

**М. Д. Медведева, Н. Н. Самутина** Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Проектирование интерьера салона красоты является актуальной задачей в крупных городах и областных центрах, так как современный и комфортабельный салон будет влиять на имидж и туристическую привлекательность города, поможет повысить качество обслуживания клиентов, станет местом привлечения не только местных жителей, но и гостей города. Цель – провести комплексное исследование существующих тенденций, решений и практик в области дизайна интерьера салонов красоты и разработать уникальное дизайнерское решение для студии, которое будет соответствовать высоким стандартам эстетики, функциональности и эргономики. Внимание уделено проектированию элементов авторского стиля в дизайне интерьера. Объектом исследования является предметно-пространственная среда интерьера салона красоты «IMAGE LAB». В результате работы проанализированы варианты использования авторского стиля для создания интерьера салона красоты, особенности зонирования помещения с использованием авторской графики, а также создание авторского оборудования. Творческая задача – создание яркого, современного и стильного пространства, которое привлекает внимание и обеспечивает комфортное оказание косметических услуг. В проекте учтены современные тенденции в дизайне интерьеров в сочетании с практическими потребностями клиентов и персонала салона. Метод исследования: литературно-обзорный и аналитический. Основными принципами разработки интерьера являются эргономичность, функциональность и соответствие эстетическим требованиям. Область практического применения – интерьер салона красоты, в котором оказываются подобные бьюти-услуги. В результате разработан интерьер и авторские элементы, которые тщательно продуманы с учетом функциональности, эстетики стиля дофаминовый декор и общей атмосферы помещения.

*Ключевые слова:* авторская графика, конструкция, стойка администратора, дизайн интерьера, салон красоты.

## Development of Elements of the Author's Style in the Interior Design of a Beauty Salon

**Maria D. Medvedeva, Natallia N. Samutsina** Educational institution "Vitebsk State Technological University", Vitebsk, Republic of Belarus

**Abstract.** Designing the interior of a beauty salon is a significant challenge in large cities and regional centers, since a modern and comfortable salon enhances the image and tourist appeal, improves the quality of customer service, and serves as a destination attracting not only local residents, but also visitors. The aim of the project is to conduct a comprehensive study of current trends, and best practices in interior design of beauty salons and propose a unique design concept for a beauty studio adhering to high standards of aesthetics, functionality and ergonomics. Attention is paid to the design of elements of the author's style in interior design. The focus of the study is the subject-spatial environment of the interior of IMAGELAB beauty salon. The results present two distinct design concepts incorporating the author's style within the interior of a beauty salon, the features of zoning the room using the author's graphics, as well as the creation of author's equipment are analyzed. The creative task of the project is to create a bright, modern and stylish space that attracts attention and ensures comfortable provision of cosmetic services.

Each element of the interior is carefully thought out taking into account the functionality, aesthetics of the dopamine décor style and the overall atmosphere of the room. The project integrates modern trends in interior design in combination with the practical needs of customers and salon staff. The research method is literary-review and analytical. The main principles of interior design are ergonomics, functionality and compliance with aesthetic and ergonomic requirements. The field of practical application is the interior of a beauty salon, in which such beauty services are provided.

*Keywords: Author's graphics, design, reception desk, interior design, beauty salon.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Творческое видение и вкус владельца помещения будет отражать авторский стиль, который включает сочетание таких элементов, как цветовая палитра, материалы, текстуры, мебель, аксессуары и функциональность пространства. Часто авторский стиль в интерьере проявляется как интеграция современных трендов и использование уникальных деталей [1].

Когда посетитель приходит в салон красоты – необходимое условие – это выполнить запланированные процедуры и расслабиться. Поэтому контакт между визуальными образами интерьера и ожиданиями клиента должен состояться. Когда само помещение имеет ярко выраженный собственный стиль, это помогает клиенту заранее предвидеть результат работы профессионалов в той или иной сфере. Кроме того, авторский стиль помещения способствует идентификации среди конкурентов на рынке, и, используя оригинальные решения, создает концепцию салона красоты, определяет стиль оказания услуг и уникальность работы мастеров <sup>1, 2, 3</sup>.

Эксклюзивность, внимание к деталям, оптимизация пространства поможет разработать эффективные и функциональные планы расстановки оборудования в помещении, а также получить максимальную пользу от пространства, даже если оно очень ограничено.

Проектирование интерьеров салонов красоты всегда является актуальной задачей для крупных городов и областных центров. В контексте повышения требований к качеству обслуживания и эстетической привлекательности, современный и уютный салон станет не только местом привлечения местных жителей, но и гостей города, что способствует повышению общего уровня сервиса и благоприятно сказывается на имидже города, его привлекательности для туристов и жителей города [2–3].

Исходя из вышесказанного, цель проекта – провести комплексное исследование существующих решений в области дизайна интерьера салонов красоты в странах Европы и Беларусь, проанализировать современные тенденции и лучшие практики

в данной сфере, разработать уникальное дизайнерское решение для бьюти-студии, которое будет соответствовать высоким стандартам эстетики, функциональности и эргономики. Особое внимание будет уделено созданию особенностей салона красоты, комфортной и приглашающей атмосферы, способствующей релаксации и положительному впечатлению от посещения салона.

Задачи исследования:

- проанализировать существующие отечественные и зарубежные примеры дизайна интерьера салонов красоты, выявляя текущие тенденции и успешные решения;
- определить цветовую палитру и стиль интерьера, соответствующие концепции и целевой аудитории салона красоты;
- создать дизайн-проект элементов авторского стиля салона красоты с учётом текущих трендов в дизайне, потребностей целевой аудитории, функциональности каждой зоны, современных технологий для улучшения обслуживания клиентов, а также экологических стандартов и материалов [4].

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Объектом исследования является предметно-пространственная среда интерьера салона красоты «IMAGE LAB». Метод исследования: визуально-графический (литературно-обзорный и аналитический). Основными принципами разработки интерьера являются эргономичность, функциональность и соответствие эстетическим и эргономическим требованиям.

Для решения задач исследования проанализирована история развития салонов красоты, изучены архитектурные и дизайнерские решения, а также особенности организации пространства в современных салонах. Изучение цветовой палитры и стиля интерьера позволило подобрать оптимальные решения для визуального оформления салона, создавая привлекательное и функциональное пространство <sup>4, 5</sup>.

<sup>1</sup>Проектирование салона красоты. URL: <https://newfranchise.ru/biznes-stati/byuti/proektirovanie-salona-krasoty#i-3>.

<sup>2</sup>Мартынова, М. И. Цвета 2024 в интерьере. URL: <https://mariamartynova.ru/color-2024-v-interior/>.

<sup>3</sup>Актуальные цвета в интерьере на 2024 год. URL: <https://www.cleanelly.ru/blog/2018/aktualnye-tsveta-v-interere-na-2024-god/>.

<sup>4</sup>Цветовые тренды в дизайне интерьера 2024. URL: <https://otkroytedver.ru/magazine/tpost/1s1vb9d721-tsvetovye-trendi-v-dizaine-interera-2024>.

<sup>5</sup>Дофаминовый интерьер. URL: [https://dzen.ru/a/ZSFtv1\\_gOSWYKR50](https://dzen.ru/a/ZSFtv1_gOSWYKR50)

В проекте салона красоты рассмотрены планировочные решения, сообразные с санитарными нормами и требованиями пожарной безопасности. Проработаны эргономичность пространства и определены эффективные способы зонирования для выполнения различных функций салона. Также внимание уделено системам навигации внутри салона для удобства посетителей и сотрудников.

Установлено, что для дизайна небольших салонов красоты можно использовать приемы, которые помогут визуально увеличить пространство: зеркальные и глянцевые поверхности, яркие цвета и светлые оттенки, использование трендового стиля.

В настоящее время одним из актуальных направлений в дизайне интерьера стал стиль дофаминовый декор, который направлен на создание позитивных эмоций и улучшение настроения. Название происходит от дофамина, нейромедиатора, отвечающего за чувство удовольствия и счастья. Этот подход к оформлению интерьера активно использует яркие цвета, смелые акценты и уникальные декоративные элементы, чтобы стимулировать позитивные эмоциональные реакции у людей, находящихся в помещении. Основная черта этого стиля – использование ярких, насыщенных оттенков. Геометрические формы, абстрактные узоры, крупные цветочные и растительные мотивы добавляют динамики и визуального интереса в пространство. Плавные линии, органические формы и неожиданные дизайнерские решения способствуют созданию уникального пространства. Свет играет ключевую роль в создании нужной атмосферы. Используются различные типы освещения, такие как настенные светильники, подвесные лампы и светодиодные ленты, которые могут регулироваться для создания различных настроений [5–6].

Дофаминовый декор любит удивлять: яркие акцентные детали, которые вызывают улыбку, позитивные эмоции. Эта визуальная стимуляция может увеличивать продуктивность и творческую активность, делая пространство не только красивым, но и функционально полезным. Это особенно актуально в рабочих пространствах, где важна концентрация и вдохновение (рис. 1).

Каждый акцент декора тщательно выверяется, согласуется с цветовой гаммой, мебелью, освещением. Интерьер, который сочетает комфорт и практичность, улучшит функциональность, обеспечивая оптимальный комфорт и удобство. Чтобы интерьер выглядел более гармоничным и сбалансированным, в нем должно быть два и более акцента. Поэтому в качестве уникальных авторских элементов декора часто используют акцентные стены и уникальное оборудование, которые станут фокусными точками, будут отвлекать внимание посетителей и настраивать их на определенные условия.

В салоне есть многофункциональное помещение, для зонирования которого необходим акцент в виде принта на одной стене, который позволит хорошо скорректировать помещение и устраниить его недостатки. В результате обзора литературных источников установлены особенности графики для помещений: горизонтальные линии сделают его более длинным, вертикальные – высоким, витиеватые оттиски или растительные рисунки создадут атмосферу уюта, повторяющиеся незамысловатые узоры по типу клетки или клякс придаут строгости, а сложные традиционные орнаменты помогут воссоздать классический стиль. Кроме того, стена с графикой сама по себе является элементом декора и поможет сэкономить на аксессуарах. Определены правила применения акцентных стен<sup>6</sup>:

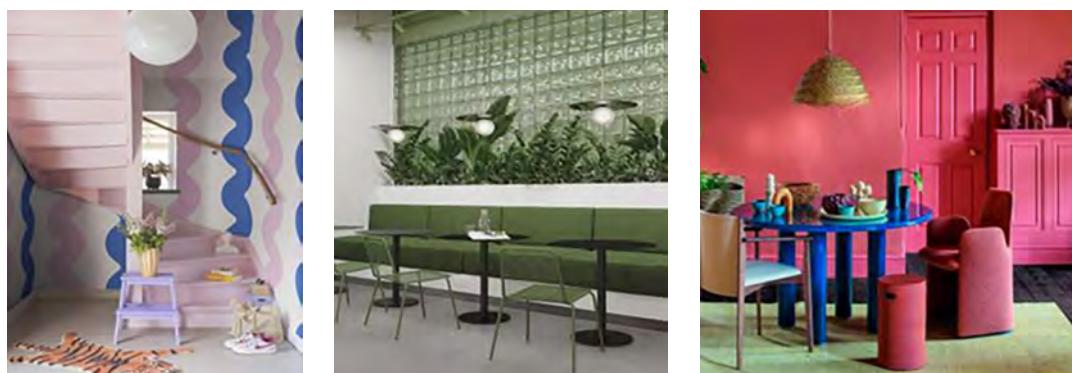


Рисунок 1 – Дафаминовый декор в интерьере

Figure 1 – Daphamine decor in the interior

<sup>6</sup>Авторский стиль дизайна интерьера: в чем плюсы для заказчика.URL: <https://tenchat.ru/media/1419749-avtorskiy-stil-dizaynera-interera-v-chem-plusy-dlya-zakazchika>.

- для графики выбирают ту стену, которая первой попадает в поле зрения гостя при входе в помещение;
- акцент делается только на одну стену;
- комбинируют различные материалы, цвета, формы и фактуры;
- используют для акцента теплую цветовую гамму, которая приблизит стену, или холодную, которая удалит.

В настоящее время актуальны узоры, задуманные самой природой, как самые сбалансированные и естественные. Зооморфные принты не теряют своей популярности, оживляют интерьер, делают его запоминающимся и ярким, акцентируют внимание на том или ином элементе декора [8–7].

В истории дизайна есть немало культовых изделий. Повторенные многократно в разных материалах, в разных интерьерах, они, тем не менее, несут через время первоначальную идею создателей и не перестают радовать новых владельцев формами и изяществом. Еще с древних времен люди украшали свое жилище звериными шкурами. В настоящее время есть возможность использовать принты в виде узора по мотивам их шкур. Например, обои с зебрами марки «Scalamandre» являются одним из шедевров дизайна XX века: бегущие зебры и стрелы на красном стали чем-то вроде пароля эпохи спокойных семидесятых годов XX века (рис. 2) <sup>7,8</sup>.

Необыкновенные обои появились в кинематографе: «Королевская семья Тененбаум» Уэса Андерсона и «Могущественная Афродита» Вуди Аллена.

лена, стали фирменным для торговых сетей «Kate Spade» и «Barneys» в Нью-Йорке, затем узор «Дамасская комната» появился в ванной, созданной двумя известными дизайнерами Гарроу и Линдси Кедигян для своего дома<sup>9</sup>.

Крупные картины с изображением полос зебры великолепно смотрятся на фоне однотонных стен, особенно серых, интенсивный орнамент картины сможет значительно оживить строгий тон. Рисунок поможет оживить обстановку, уйти от обыденности, привнести в дизайн помещений особый ритм и неповторимый шарм. Полосатый принт трудно не любить, ведь он напоминает о природе, о вольной жизни животных, его ни с чем не перепутаешь, и никогда не сможешь игнорировать его присутствие, он ярок и эффектен, и именно этим цепляет за душу. Поэтому разработан авторский принт «зебра» в розовом оттенке (рис. 3).

Дизайн-проект салона красоты демонстрирует великолепное сочетание функциональности и эстетики, обеспечивая комфорт и приятное пребывание для клиентов. Основные особенности проектируемого помещения включают в себя современные и стильные зоны для различных косметических процедур, каждая из которых обладает уникальным дизайном и продуманной планировкой [9–10].

Место для педикюра объединено с парикмахерским залом, поэтому это пространство зонировано перегородкой, стеной с графикой, и оформлено в теплых оттенках. В каждом кресле имеется встроенная мойка для ног, что повышает комфорт и ги-



Рисунок 2 – Узор «Дамасская комната»: а – в ванной; б – гостиной; в –коридоре

Figure 2 – Pattern "Damascus room": a – in the bathroom; b – living room; c – and corridor

<sup>7</sup>Акценты в интерьере: особенности и принципы создания контрастной стены. URL: [https://dg-home.ru/blog/aktsenty-v-interere\\_b418916/?s=rsltid=AfmBOoo5p59enDyekmFjBa5T1Rgcu3hriBotrw0bZ5bxiwPle8B9oEl2](https://dg-home.ru/blog/aktsenty-v-interere_b418916/?s=rsltid=AfmBOoo5p59enDyekmFjBa5T1Rgcu3hriBotrw0bZ5bxiwPle8B9oEl2).

<sup>8</sup>Полоски наступают: принт зебра в интерьере. URL: <https://uytvdome.ru/interer/print-zebra-v-interere.html>.

<sup>9</sup>Простой способ дизайна в салоне красоты. URL: <https://dzen.ru/a/ZCWmJtJne1z-VOW4>.



Рисунок 3 – Авторская графика «Зебра»

Figure 3 – Author's graphic «Zebra»

гиеничность процедур. Мобильные тележки для инструментов, окрашенные в яркий розовый цвет, являются удобным и функциональным решением для хранения и доступа к необходимым инструментам и средствам для педикюра. Возле кресел расположены столики, предназначенные для удобства клиентов. Они идеально подходят для размещения напитков, таких как чай или кофе, а также личных вещей посетителей. Их присутствие обеспечивает дополнительный комфорт во время процедуры. Столики выполнены в ярко-оранжевом цвете, что добавляет акцентов пространству и придает жизнь обстановке. Их дизайн простой и функциональный, основание круглое, что добавляет мягкости и визуальной легкости в обстановке. Большие окна обеспечивают много естественного света, который идеально подходит для точной работы с цветом и деталями, что особенно важно в педикюре. Подвесная лампа добавляет искусственного направленного света, что хорошо для работы в вечернее время (рис. 4).

Следующей зоной, в которой разместили авторский дизайн, стало фойе, служащее входной зоной. Оно впечатляет своей яркостью и современностью. Просторное и светлое пространство с элементами дизайнерской мебели и акцентными деталями создает первое положительное впечатление у клиентов. Оформление ассоциируется с ценностями студии, соответствует интерьеру других помещений и специфике деятельности. Как правило, дизайн ресепшена включает в себя рабочий стол, место для компьютеров и хранения бумаг. Кроме того, в интерьере устраивается место для клиентов, где они ожидают встречи или заполняют документы. Требования к оформлению этой зоны – учёт потребностей клиентов и сотрудников, удобство администратора и посетителей. Стойки-ресепшены выполняют несколько задач:

- создание положительного впечатления. Она не только функциональна, но и выглядит кра-



Рисунок 4 – Визуализация зоны педикюра

Figure 4 – Visualization of the pedicure area

сиво, помогает поддерживать общую стилистику помещения;

- разграничение обстановки, так как конструкция зонирует пространство – разделение места ожидания и рабочей области;
- грамотная организация рабочего места администратора. Для сотрудника компании важно иметь место, где он будет с комфортом обслуживать клиентов и выполнять другие свои обязанности;
- ориентир для покупателей, потому что грамотно организованная зона привлекает внимание – посетители не потеряются и будут знать, где получить информацию.

Определена классификация стоек ресепшен: по форме они делятся на прямые, угловые, п-образные и радиусные. Чаще всего прямые используются в государственных учреждениях или в местах, где много посетителей. Они не имеют острых углов или округлых частей. Угловые конструкции присоединяются к оборудованию прямого типа. Расположение зависит от особенности и типа помещения, такие стойки имеют компактную форму, поэтому отлично подходят для небольших помещений. П-образные конструкции – это комбинация прямых и угловых систем. Актуальна для размещения нескольких специалистов или для разделения обстановки на две части. Радиусные стойки подходят для работы сотрудников в больших компаниях. Прототип выбран исходя из анализа (рис. 5).

Основная цель – это разработать надежную конструкцию и подготовить техническую документацию для нее, которая будет необходима для производства проектируемого изделия. В процессе

анализа проекта были изучены наиболее эффективные решения поставленных задач<sup>10</sup>.

Начало конструкторской разработки строится на правильном учете условий эксплуатации изделия в техническом проекте, свойств материала, обеспечения оптимального функционирования и надежности создаваемого предмета. Проектированию стойки ресепшен предшествовало установление и анализ социальных, функциональных, эргономических, технических и других требований к данному объекту, принципов и условий взаимодействия со средой. В проекте разработана конструкция стойки ресепшен для салона красоты в соответствии с поставленными задачами (рис. 6). Проектирование производилось с использованием методов 3D-визуализации

и графической программы 3d-studiomax.

Красота объекта достигается за счет идеальной конструкции и ее эффективной работы. Проект основывался на рациональном использовании материалов и оптимизации трудозатрат. Для достижения наилучших результатов также было принято во внимание сочетание функциональности и эстетики, что позволило создать не только удобный, но и визуально привлекательный объект. Конструкция стойки включает в себя фанерные цилиндры и покрытые алюминием и листы из нержавеющей стали с эффектом водяной ряби. Конструктивные элементы, изготовленные из фанеры, имеющие цилиндрическую форму, прочны, легки в эксплуатации и не дороги (рис. 7).

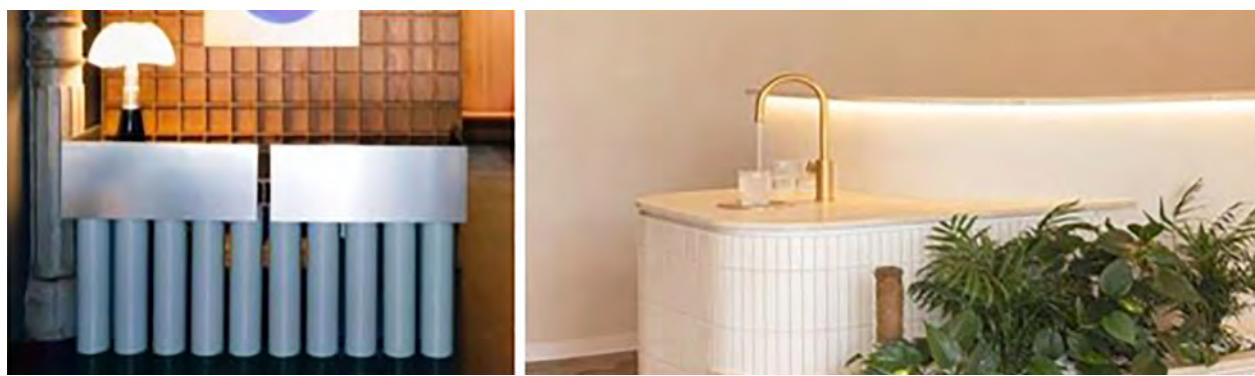


Рисунок 5 – Пример стойки ресепшен

Figure 5 – Example of the reception desk



Рисунок 6 – Общий вид стойки ресепшен

Figure 6 – General view of the reception desk

<sup>10</sup>Стойки ресепшен.URL: <https://stendgroup.ru/stoiki-reseption/>.



a (a)

б (b)

**Рисунок 7 – Конструктивные элементы стойки:**  
**а – фанерные цилиндры; б – лист стали с имитацией воды**

**Figure 7 – Constructive elements of the stand:**  
**a – plywood cylinders; b – steel sheet with imitation water**

Float Scale Wave Water Ripple – это новый дизайн, который предлагает естественный, плоский, водянистый эффект, имитирует мягкую рябь на спокойной поверхности воды, привнося безмятежную и спокойную атмосферу в любое пространство. Листы изготовлены из высококачественной нержавеющей стали, отполированы до зеркального блеска и спрессованы с помощью форм для создания уникальных волнообразных узоров. Светоотражающее качество придает пространству сюрреалистическую, фантастическую атмосферу. Материал стоек к коррозии, прочен и долговечен.

Деревянное основание стойки выполнено из дуба, универсального и распространенного материала для создания мебели, прочного и устойчивого к повреждениям. Встроенный в стойку кулер для воды управляется с помощью специальной электрической помпы. Это добавляет комфорта в использовании и поддерживает гигиеничность.

Все внешние поверхности стойки покрыты спе-

циальным защитным слоем, который защищает материалы от повреждений и загрязнений, облегчает уход за стойкой и сохраняет ее первозданный вид на долгое время. Таким образом, стойка ресепшен не только выполняет свои функциональные обязанности, но и является элементом, способным украсить любое пространство, делая его более современным и комфортным.

Главной творческой задачей данного проекта было создание яркого, современного и стильного пространства, которое привлекает внимание и обеспечивает комфортное получение косметических услуг. Каждый элемент интерьера был тщательно продуман с учетом его функциональности, эстетики и общей атмосферы помещения. Проект учитывает современные тенденции в дизайне интерьера, сочетая их с практическими потребностями клиентов и сотрудников салона. В качестве основных цветов были выбраны оттенки розового, синего и зеленого, а также бежевый цвет (рис. 8).



**Рисунок 8 – Палитра цветов проекта**

**Figure 8 – Project color palette**

Эти цвета вместе создают уникальное сочетание, которое может эффективно использоваться для разграничения функциональных зон в салоне красоты. Шартрез использован в акцентных деталях, чтобы

привлечь внимание и добавить энергии, пастельно-розовый создает приятную и уютную атмосферу, темно-зеленый и темно-синий использованы для рабочих станций, добавляя глубину и стиль (рис. 9).



**Рисунок 9 – Спроектированный дизайн салона красоты:**  
а – зал маникюра; б – зона макияжа; в – парикмахерский зал

**Figure 9 – Designed design of a beauty salon:**  
a – manicure room; b – makeup area; c – hairdressing room

Одним из элементов конструкции стали арочные проемы, видимые из фойе, которые поддерживают архитектурную тему стеллажа и ведут в основную зону салона, где расположены рабочие места. Интерьер украшен светлыми стенами, сочетающимися с тёмно-зелёными и розовыми акцентами, что создаёт гармоничный и приятный визуальный контраст. Расположенное в центре внимания зеркало с минималистичной рамой украслено декоративным элементом, подчеркивающим стиль и изящество пространства.

Далее по проекту идет основной зал. Удобно расположена при входе в основной зал зона маникюра. Расположение обеспечивает легкий доступ и видимость данной услуги для клиентов. Это рациональное решение позволяет посетителям сразу же ознакомиться с одной из ключевых услуг салона, создавая приветливую и профессиональную атмосферу с самого порога. Основной элемент зоны маникюра – это инновационный стол необычной формы, который является ярким примером современного дизайна и функциональности. Стол выполнен из высококачественных материалов и имеет изгибающуюся, плавную форму, которая не только приятна, но и способствует более удобному расположению клиентов и мастеров. Белый цвет стола в сочетании с темно-синим стульями и розовыми тележками добавляет интерьеру свежести и современности.

Каждое рабочее место оснащено индивидуальным осветительным прибором, что гарантирует идеальные условия для точной и качественной ра-

боты. Интегрированные устройства и просторная поверхность стола позволяют удобно разместить все необходимые инструменты и материалы, делая процесс маникюра максимально комфортным как для клиента, так и для мастера.

Далее расположена зона макияжа. Она украшена ярким сочетанием цветов: глубокий синий цвет базовой мебели гармонично контрастирует с ярко-зелёными барными стульями и насыщенным розовым фоном стен, создавая привлекательное и запоминающееся пространство. Основной элемент зоны – длинный рабочий стол, интегрированный в стену, обеспечивает достаточно места для размещения всех необходимых инструментов и косметических средств. Над столом установлены большие зеркала с округлыми верхними краями, что добавляет элегантности общему виду. Каждое рабочее место оснащено индивидуальным освещением, что важно для профессионального нанесения макияжа. Размещенные на стене полки и ниши позволяют удобно организовать хранение косметики и других аксессуаров, делая их легкодоступными для мастера. Использование ярких цветов и современных материалов делает эту зону макияжа особенно привлекательной для молодой и модной аудитории, стремящейся к красоте в комфортной и стимулирующей творческую обстановке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы проанализированы варианты использования авторского стиля при

создании дизайн-макета салона красоты, создано авторское оборудование для фойе в основной группе помещения, стойка ресепшен, а также выполнен акцент и зонирование многофункционального пространства в виде графики на стене с использованием принта зебра. В результате изучения стиля додекатонический декор создано стильное пространство салона красоты, которое не только привлекает вни-

мание, но и обеспечивает комфортное оказание услуг для посетителей и работу персонала. Областью возможного практического применения разработки являются салоны красоты, в которых оказываются услуги по уходу за внешностью, включая стрижку, окрашивание волос, маникюр, педикюр, косметические процедуры и другие виды ухода за лицом и телом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гажур, А. А. Дизайн высокотехнологического оборудования / А. А. Гажур. – Москва : ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2020. – 288 с.
2. Архітэктура Беларусі: нарысы эвалюцыі ва ўсходнеславянскім і еўрапейскім кантэкстсе: у 4 т. Т. 2: XV – сярэдзіна XVIII ст./ рэдкал. А. Лакотка (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск: Беларус. навука, 2006. – 623 с.
3. Горанская, Т. Г. Современные подходы к определению ценности архитектурного наследия / Т. Г. Горанская, А. О. Ничипорович // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия гуманитарных наук*. – 2023. – Т. 68, № 4. – С. 323–332. DOI: 10.29235/2524-2369-2023-68-4-323-332.
4. Самутина, Н. Н. Использование стиля ар-деко в текстильном дизайне при проектировании эскизов костюмных тканей / Н. Н. Самутина, А. Б. Лисьева // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022). Материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 23-24 ноября 2022 г. – Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2022. – С. 70–75. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_50313847\\_33395059.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50313847_33395059.pdf).
5. Войтович, В. С. Дизайн-проект социального пространства / В. С. Войтович, Н. Н. Самутина // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск, ВГТУ, 13–14 ноября. – /. – Витебск: УО «ВГТУ». – 2019. – С. 101–104. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42307378\\_59541146.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42307378_59541146.pdf).
6. Попова, А. В. Уникальность проектирования личного фирменного стиля / А. В. Попова, Е. С. Пашко // Сборник материалов Национальной (с международным участием) молодежной научно-технической конференции «ПОИСК-2023». – Иваново: ИВГПУ, 2023. – С. 701–703. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_54182090\\_28033730.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54182090_28033730.pdf).
7. Абрамович, Н. А. Графический язык в дизайне / Н. А. Абрамович, Д. А. Столбанова // 55-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов: тезисы докладов, Витебск, 27 апреля 2022 г. – Витебск : Витебский государственный технологический университет. – Т. 2. – С. 171–172. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_49508432\\_19387490.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49508432_19387490.pdf).
8. Куллененок, В. В. Коммуникативный дизайн и дизайн среды: общие подходы и принципы в создании гармоничной предметно-пространственной среды / В. В. Куллененок // *Искусство и культура*. – 2024. – № 1(53). – С. 76–80. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_65386050\\_16281106.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_65386050_16281106.pdf).
9. Ленсу, Я. Ю. Предметное формообразование и общество / Я. Ю. Ленсу // *Искусство и культура*. – 2024. – № 2(54). – С. 5–10. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_67854206\\_79536263.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67854206_79536263.pdf).
10. Samutsina, N. Simulation and visualization of one-and-a-half-layer fabrics / N. Samutsina, N. Abramovich // AIP Conference Proceedings: International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), Vitebsk, 08–10 June, 2021. Vol. 2430. – Vitebsk: AIP PUBLISHING, 2022. – P. 020004. – DOI 10.1063/5.0077193.

## REFERENCES

1. Gazhur A A. Dizayn vysokotekhnologicheskogo oborudovaniya = Design of high-tech equipment. Moscow: FGBOU VO «REU im. G. V. Plekhanova»; 2020:288. (In Russ.).
2. Lakotka A. Arkhitektura Belarusi: narysy evalyutsyi va yshkodneslavianskim i eўrapeyskim kantekstse: u 4 t. T. 2: XV – syaredzina XVIII st. = Architecture of Belarus: Essays on Evolution in the East Slavic and European Context: in 4 vols. Vol. 2: 15th – mid-18th centuries. Minsk: Belarus. Navuka; 2006:623. (In Bel.).
3. Goranskaya TG, Nichiporovich AO. Modern approaches to determining the value of architectural heritage.

*Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya gumanitarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Humanitarian Series. 2023;(68(4)):323–332. DOI: 10.29235/2524-2369-2023-68-4-323-332. (In Russ.).*

4. Samutsina NN, Lisieva AB. Using the Art Deco style in textile design when designing sketches of costume fabrics. In: Innovacii v tekstile, odezhde, obuvi (ICTAI-2022). Materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii = Innovations in textiles, clothing, footwear (ICTAI-2022). Materials of reports of the international scientific and technical conference, November 23-24, 2022, Vitebsk. Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskiy universitet, 2022:70-75. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_50313847\\_33395059.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50313847_33395059.pdf). (In Russ.).

5. Voitovich VS, Samutsina NN. Design project of social space. In: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Innovatsionnye tekhnologii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti» = Materials of the International Scientific and Technical Conference "Innovative Technologies in Textile and Light Industry", November 13–14, 2029, Vitebsk. Vitebsk: UO «VGTU»; 2019:101–104. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42307378\\_59541146.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42307378_59541146.pdf). (In Russ.).

6. Popova AV, Pashko ES. The uniqueness of designing a personal corporate style. In: Sbornik materialov Natsional'noy (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «POISK-2023» = Collection of materials of the National (with international participation) youth scientific and technical conference "POISK-2023". Ivanovo: IVGPU; 2023:701–703. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_54182090\\_28033730.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54182090_28033730.pdf). (In Russ.).

7. Abramovich NA, Stolbanova DA. Graphic language in design. In: 55-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya prepodavateley i studentov: tezisy dokladov = 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Abstracts of Reports, April 27, 2022, Vitebsk. Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj tehnologicheskiy universitet; 2022;2:171–172. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_49508432\\_19387490.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49508432_19387490.pdf). (In Russ.).

8. Kulenenok VV. Communicative design and environment design: general approaches and principles in creating a harmonious subject-spatial environment. *Iskusstvo i kul'tura = Art and Cultur.* 2024;1(53):76–80. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_65386050\\_16281106.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_65386050_16281106.pdf). (In Russ.).

9. Lensu IaYu. Object form creation and the society. *Iskusstvo i kul'tura = Art and Cultur.* 2024;2(54):5–10. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_67854206\\_79536263.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67854206_79536263.pdf). (In Russ.).

10. Samutsina NN, Abramovich NA. Simulation and visualization of one-and-a-half-layer fabrics. In: AIP Conference Proceedings : International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), June 08–10, 2021, Vitebsk. Vitebsk: AIP PUBLISHING; 2022;2430:020004. DOI 10.1063/5.0077193.

## Сведения об авторах

### Медведева Мария Дмитриевна

Студент факультета дизайна учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

*E-mail:* samusiya2013@gmail.com

ORCID: -

### Самутина Наталья Николаевна

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры дизайна и моды учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail:* samusiya@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/ 0000-0001-6674-9485>

## Information about the authors

### Maria D. Medvedeva

Student, Faculty of Design, Vitebsk State Technological University

*E-mail:* samusiya2013@gmail.com

ORCID: -

### Natallia N. Samutsina

Cand. Sc. (in Engineering), associate professor of the Department of Design and Fashion, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail:* samusiya@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/ 0000-0001-6674-9485>

Статья поступила в редакцию 21.11.2024.

## Дизайн упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына»

**А. В. Попова,** Учреждение образования «Витебский государственный  
**В. А. Виноградова** технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В процессе перехода к рыночной экономике возрастает интерес к рекламному позиционированию продукта. Особую роль здесь отводится рекламе ювелирных украшений, которые нуждаются в визуальном продвижении, где особую функцию выполняет упаковка. В рамках современного рынка, товар должен не только не уступать по качеству своим аналогам, он должен выделяться и привлекать внимание потребителя. В связи с этим основной составляющей выгодного позиционирования создаваемой продукции является его внешнее оформление, имеющее креативный визуальный облик. Поэтому при ее разработке требуется индивидуальный подход в плане внешнего оформления. Цель работы – дизайн упаковки для продвижения и продажи коллекции ювелирных украшений, посвященной выдающемуся белорусскому деятелю и гуманисту Франциску Скорине. Исследование посвящено анализу и разработке упаковки, учитывая особенности дизайна, технологию изготовления, материалов, применяемых в производстве ювелирных упаковок, которые будут удовлетворять потребности целевой аудитории. Особенностью проекта является разработка и внедрение уникальных визуальных элементов, таких как эксклюзивные иллюстрации, шрифты, созданные на основе авторских эскизов, что позволит выявить эффективность использования контента в формировании узнаваемого и запоминающегося образа бренда. Методы исследования – анализ, наблюдение и опрос, литературно-обзорный, аналитический, креативный. Результат работы – оригинал-макет упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына», которая предназначена для привлечения новых потребителей, увеличению эффективности продвижения и реализации продукции, а также имеет значимость с точки зрения сохранения и популяризации культурного наследия Беларуси.

*Ключевые слова:* ювелирная упаковка, крафт, лен, Франциск Скорина, современные тенденции, фирменная графика, шоппер, логотип.

## Packaging Design for Jewelry Collection "Asvetnick Skaryna"

**Alexandra V. Popova,** Educational institution "Vitebsk State Technological University",  
**Vladislava A. Vinogradova** Vitebsk, Republic of Belarus

**Abstract.** In the process of transition to a market economy, there is an increasing interest in the advertising positioning of the product. A special role here is given to advertising jewelry that needs visual promotion, where packaging performs a special function. Within the framework of the modern market, the product should not only not be inferior in quality to its analogues, it should also stand out and attract the attention of the consumer. In this regard, the main component of the advantageous positioning of the created products is its external design, which has a creative visual appearance. Therefore, when developing it, an individual approach is required in terms of external design. The purpose of the work is to design packaging for the promotion and sale of a jewelry collection dedicated to the outstanding Belarusian humanist Francysk Skaryna. The research is devoted to the analysis and development of packaging, taking into account the design features, manufacturing technology, materials used in the production of jewelry packages that will meet the needs of the target audience. A special feature of the project is the development and implementation of unique visual elements, such as exclusive illustrations, fonts created on the basis of author's

sketches, which will reveal the effectiveness of using content in forming a recognizable and memorable brand image. Research methods include analysis, observation and survey, literary review, analytical and creative methods. The result of the work is the original layout of the packaging for the jewelry collection «Avtvetnik Skaryna», which is designed to attract new consumers, increase the effectiveness of product promotion and sale, while preserving and popularizing the cultural heritage of Belarus.

*Keywords: jewelry packaging, kraft, linen, Francis Skorina, modern trends, brand graphics, shopper, logo.*

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данного исследования в том, что конкуренция на рынке ювелирных украшений становится все более острой, и привлечение внимания и удержание потенциальных покупателей требует тщательного подхода к созданию брендированных материалов, где упаковка занимает центральное место, от внешнего вида которой зависит примет ли человек решение о покупке товара. Работа, направленная на разработку упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына» и представляет возможность не только выделиться на рынке, но и подчеркнуть историческое наследие. Фигура Франциски Скорины значима в ювелирной сфере, т. к. его имя и творчество связаны с культурными традициями Беларуси, что делает его личность привлекательной для использования в маркетинге и рекламе.

Наиболее подробно вопросы дизайна упаковки раскрыты в работах таких специалистов, как Ларс Валлентин «Продающая упаковка: Первая в мире книга об упаковке как средстве коммуникации», «Креативность требует смелости», Джилс Калвер «What is packaging design?» и Томас Хайн «Тотальная упаковка». Значение упаковки при продвижении торговой марки и требования к ней подробно изучены в трудах Д. А. Аакера, Алекса Випперфюра, Л. Чернатони, Эла и Лоры Райе, Дж. Траута.

Объектом исследования является упаковка как средство продвижения и продажи ювелирных изделий. Предмет исследования – дизайн упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына». Для разработки дизайна упаковки необходимо провести ряд исследований, используя следующие методы: анализа, наблюдения и опроса, литературно-обзорный, аналитический, креативный.

Цель данной работы состоит в том, чтобы разработать оптимальную по всем параметрам упаковку для ювелирных изделий, которая будет не только функциональной, но и эстетически привлекательной, подчеркивающей уникальность коллекции, посвященной выдающемуся белорусскому деятелю и гуманисту Франциску Скорине.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться с данной товарной категорией и конкурентами;
- изучить аналоги упаковок;

- изучить технологии изготовления упаковок;
- изучить материалы, применяемые в производстве упаковок;
- проанализировать современные тенденции в дизайне упаковки;
- создать логотип, символизирующий личность Франциски Скорины и его вклад в развитие культуры и образования;
- разработать брендинговые элементы, которые помогут идентифицировать и ассоциировать личность Франциски Скорины с определенными ценностями и идеями;
- разработать упаковку для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына».

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Предварительным этапом в дизайн-исследовании является определение проблематики. Упаковка ювелирных изделий должна сочетать в себе практическую и функциональную сторону с изысканным, утонченным и привлекательным графическим дизайном. Она должна, в первую очередь, защищать продукт, быть разработанной с особой тщательностью, чтобы сохранить драгоценности в безопасности, давать представление о том, что в ней содержится, и должна соответствовать имиджу бренда [1].

Используя литературно-обзорный и аналитический методы, были выявлены особенности, присущие оформлению и конструкции упаковки для ювелирной коллекции, которые необходимы для исключения выпадения готового дизайна из товарной группы.

Сегодня упаковка – это длительный, материально и энергетически затратный, сложный технологический процесс, в котором задействовано много сторон – от дизайнеров до конвейерных рабочих. Упаковка является как частью процесса производства упаковываемого изделия, так и частью культуры потребления и использования. Рассматривая упаковку как способ донесения товара до потребителя, выделяются основные задачи, которые решает упаковка, с точки зрения основных производственных и потребительских требований, которые могут повлиять на процесс проектирования упаковки, и, следовательно, на ее внешний вид. Это функциональные, экономические, нормативно-законодательные, экологические, культурно-эстетиче-

ские требования к упаковке. Часть этих требований сформировалась в процессе становления упаковки, часть относится к современным требованиям потребителя.

Потребитель сталкивается с товаром, а, соответственно, и с упаковкой, которая предшествует этому товару, в самых различных ситуациях. Чем функциональнее товар и чем многограннее его смысл, тем больше предполагается вариантов его существования в окружающем пространстве.

Говоря о специфике восприятия упаковки, необходимо отметить ее существенное отличие от других видов графического и промышленного дизайна. В первую очередь упаковка – это трехмерный объект, который развивается во времени и пространстве. Этой форме подчиняются все графические элементы и воспринимаются в зависимости от самой формы упаковки, от местоположения упаковки, стоит она на магазинной полке или среди множества других аналогичных упаковок, и от самой динамики процесса – взять коробку, открыть, достать ювелирное изделие. В связи с чем в исследовании выделяются несколько основных этапов восприятия упаковки – восприятие на месте продажи, изучение, процесс открывания и ношения ювелирного изделия.

Кроме того, существует два уровня восприятия упаковки и товара – вербальный (информационный) и невербальный (эмоциональный). Источниками невербальной информации считаются все художественно-выразительные средства, используемые в дизайне упаковки: форма, различные виды изображений, цвет, характер шрифта каждого элемента упаковки и их цельность. Эти средства, которые служат как для донесения текстовой информации, так и для создания определенного образа товара и формирования эмоциональных ожиданий. Правильно подобранные элементы дизайна создают индивидуальный образ товара и выделяют его среди конкурентов. Таким образом, проектирование упаковки, процесс программирования всех уровней ее восприятия. И создавая даже единичный элемент, должна учитываться многогранность восприятия упаковки.

На основе проведенного анализа предлагается определение понятия упаковки, как комплекса объемно-графических элементов, который выполняет следующие задачи: содержание и сохранение товара, транспортировка товара, информирование о содержащемся товаре, как за счет непосредственной вербальной информации, так и за счет общего создаваемого имиджа товара – от выбранной концепции упаковки до способов реализации этой концепции, гарантия подлинности и сохранности, создание дополнительной потребительской ценности товара и формирование эмоциональных ожиданий с помощью различных приемов – от расширения функций упаковки до оригинальных дизайнерских решений [2].

Дизайн упаковки включает три компонента: структуру, графику и цвет, с помощью которых передается ценность, значимость ювелирного украшения на визуальном уровне. Структура – это физическая форма упаковки, ее контуры и способность привлечь внимание, способ открывать ее и иметь доступ к содержимому. Форма является важным невербальным средством коммуникации с потребителем, воздействуя на его подсознание и более эффективное средство коммуникации, чем цвет. Графика – это то, что находится на поверхности упаковки. Часто стиль, индивидуальность заключаются в графической концепции, в сочетании цветов, шрифтов, эмблем и всего стиля оформления. Цвет – это элемент дизайна упаковки, вызывающий быструю реакцию потребителя. Он, является самым сильным средством эмоционального воздействия. Существует множество теорий цветового восприятия. Психологи говорят, что восприятие цвета зависит в первую очередь от психологического состояния человека.

Чтобы создать проект упаковки для ювелирной коллекции, используя метод анализа, проведен мониторинг товарной категории и конкурентов: как выглядит упаковка конкурентов, основные цвета, графические элементы, иллюстрации и сообщение, которые используют конкуренты. Также анализ тенденций и стилей упаковки позволил выявить все нюансы данной конкретной категории и создать уникальную упаковку, привлекательную для потребителя и не похожую на других конкурентов [3].

Дальнейшие исследования заключаются в выявлении предпочтений потребителя при выборе товара. Для этого используются методы наблюдения и опроса потребителей. Благодаря этим методам выявлена целевая аудитория, включающая людей, увлеченных историей и культурой древней Беларуси, а также любителей необычных и запоминающихся ювелирных украшений. Такие украшения могут заинтересовать исследователей истории и культуры, коллекционеров артефактов, патриотов и любителей эксклюзивных украшений. Украшения коллекции «Асветнік Скарына» могут привлечь внимание тех, кто ценит оригинальный дизайн, высокое качество и хочет приобрести уникальное изделие с элементами национальной символики и в качественной упаковке.

На следующем этапе определены и разработаны стилистические идентификаторы упаковки – логотип, цветовая гамма, шрифты и графические элементы. Логотип – важная составляющая бренда и его главная задача – создать благоприятный образ, имидж и репутацию [4]. При разработке концепта, заключенного в знаке, был использован шрифтовой дизайн, вдохновленные рукописями и печатными

работами Скорины, с уникальными декоративными элементами. Логотип имеет уникальное шрифтовое начертание, простую и понятную форму, но в то же время заключает в себе глубокий смысл и не является сильно строгим и консервативным [5]. Колористическое решение знака и упаковок состоит из следующих цветов: насыщенный красно-коричневый, пурпурно-розовый, или цвет морской раковины, бежевый или миндаль краюла. Каждый цвет был подобран с определенной целью и подходит для смыслового значения проекта [6].

Используя креативный метод, было определено, что разрабатываемая упаковка для ювелирной коллекции должна быть индивидуальной, сочетать в себе строгий стиль, дизайн, соответствующий ювелирному изделию, лёгкий вес и определённый материал, используемый в качестве покрытия. В качестве упаковочного материала выбраны крафт-картон и текстиль [7]. Крафт – это натуральный материал,

получаемый из переработанных волокон древесины, что способствует не только заботе об окружающей среде, но также помогает воздействовать на потребителя, делая его более ответственным и осознанным в своем выборе. Особый состав обеспечивает устойчивость перед воздействием влаги и смягчает внешние удары. Материал отличается гладкостью и прочностью. На рисунке 1 показана упаковка для ювелирных изделий, которая представляет собой дизайн, включающий в себя фирменные авторские иллюстрации, среди них выделяется солнце и круг, вокруг которого расположены знаки зодиака и количество дней, указывающее на связь астрономии с астрологией. В центре композиции размещен логотип. Для того чтобы показать назначение упаковки используется два цветовых решения: светлая упаковка предназначена для серебряного кольца и кулона «Асветник», темная – для серебряного кольца и кулона с эмалью.



Рисунок 1 – Упаковка в виде коробки для ювелирной коллекции

Figure 1 – Box packaging for a jewelry collection

Упаковка для кулона имеет конструкцию конверта с четырьмя клапанами. Используемый материал – крафт-картон (рис. 2). Состоит из двух частей – конверта и подложки для украшения. Для закрытия упаковки используется специальная самоклеящаяся наклейка, которая обеспечивает легкость использования и быстроту процесса закрытия упаковки.

Проект предусматривает создание ряда упаковки

из экологически чистых материалов, в качестве основного был выбран лён, что на современном этапе приобрело особую актуальность. Льняное волокно и изделия из него имеют устойчивый спрос на мировом рынке и вне конкуренции с импортными тканями [8]. За его уникальные свойства лен часто называют «золотом текстиля». Именно льну, наши предки отдавали предпочтение перед хлопковым и шелковым текстилем, потому что знали и ценили

его необыкновенные свойства. В Республике Беларусь производством льняных тканей занимается РУПП «Оршанский льнокомбинат». Сегодня основной ассортимент готовой продукции предприятия составляют скатерти, салфетки, полотенца, комплекты столового белья, сувенирные комплекты; постельное белье: простыни, наволочки, пододе-

яльники, комплекты постельного белья; покрываля: полуульяные жаккардовые пестротканые и многое другое. Льняные скатерти, вышитые столовые и чайные комплекты, просто льняная ткань разной плотности и фактуры, – все это уже стало визитной карточкой не только льнокомбината, но и нашей страны в целом [9].



Рисунок 2 – Упаковка в виде конверта для ювелирной коллекции

Figure 2 – Envelope packaging for a jewelry collection

На рисунке 3 представлен ассортимент разрабатываемой сувенирной упаковки – мешочки для хранения украшений и шопперы с нанесением методом печати логотипа компании, фирменных иллюстраций и слогана коллекции. Печать производится на цифровом струйном принтере, где прочные красители и яркие цвета на льне придают особый шарм изделиям [10]. Цифровая печать устраниет целый ряд технологических операций при окраске и печати и сокращает срок подготовки производства изделия, тем самым добавляя ему дополнительное конкурентное преимущество в быстро изменяющихся циклах моды.

В дизайне упаковки используется линейная графика, которая позволяет передать суть изображения с минимальным количеством деталей, делая его более выразительным и символичным [11]. Раскрывая сакральные символы и узнаваемые образы, фирменная графика создает привлекательный и запоминающийся образ коллекции, сочетая в себе историю, мистицизм и культуру.

Главным элементом фирменной графики для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына» являются узнаваемые символы, связанные с его жизнью и творчеством. В его гравюрах часто встречают-

ся различные антропоморфные существа, а также основные символы – Солнце и Луна, пчела, подсвечник, армиллярная сфера, книги. Будучи выдающимся деятелем эпохи Возрождения, Скорина внес значительный вклад не только в литературу, но и в астрономию и астрономию [12].

Символ «солнца и полумесяца» является одним из наиболее популярных элементов в творчестве Франциска Скорины, так как он сочетает в себе два важных символа: солнце, символизирующее жизнь, свет и тепло, и луну или полумесяц, символизирующий ночь, мистику и загадочность. Особенность этой упрощенной иллюстрации заключается в ее минимализме и лаконичности. Линейная графика позволяет передать суть объектов с помощью минимального количества линий и деталей, что делает изображение более выразительным и символичным.

Изучение и анализ гравюр, представленных в книге «Малая подорожная книжка» Франциска Скорины, показали, что в книге имеются сведения по астрономии, календари, белорусские названия месяцев года [12]. Представлены знаки зодиака, через которые проходит Солнце, где Скорина приводит календарную информацию для некоторых дней.

В иллюстрации изображен круг Региомонтана, который символизирует космос и временной цикл. На этом круге расположены знаки зодиака и количество дней, указывающее на связь астрономии с астроло-

гией. Облака, окутывающие круг, создают атмосферу таинственности и мистики, подчеркивая важность представленной информации об астрономии, календарях и знаках зодиака в книге (рис. 4).



Рисунок 3 – Льняная упаковка для ювелирной коллекции

Figure 3 – Linen packaging for jewelry collection



Рисунок 4 – Фирменные иллюстрации «Солнце и полумесяц» и круг Региомонтана

Figure 4 – Branded illustrations «The Sun and the crescent Moon» and the Regiomontan circle

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы разработан дизайн упаковки для ювелирной коллекции «Асветнік Скарына», который отражает идентичность бренда и национальную символику, сочетая современные визуальные решения с элементами исторической символики. Выразительные средства – фирменные иллюстрации, которые разработаны на основе авторских эскизов. Такое решение представляет эффективный инструмент маркетингового продвижения, актуаль-

ный для ювелирной сферы, стремящейся к успешному позиционированию на рынке и укреплению брендовой идентичности.

Таким образом, современный дизайн упаковки для ювелирной коллекции учитывает особенности целевой аудитории и элементы культурного наследия, опираясь на информацию о Франциске Скорине, его достижениях и значении для белорусской культуры, что придает коллекции особую аутентичность и привлекательность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фазылзянова, Г. И. Философия дизайна: современные аспекты комплексного проектирования упаковки / Г. И. Фазылзянова, С. А. Соловьева, В. Н. Шигорина // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2021. – № 3 (31). – С. 148–154. DOI: 10.24151/2409-1073-2021-3-148-154.
2. Попова, А. В., Использование льняной ткани в дизайне сувенирной упаковки / А. В. Попова // Материалы и технологии. – 2018. – № 2 (2). – С. 94–99. DOI: 10.24411/2617-149X-2018-12017.
3. Лебедев, А. В. Эволюция упаковки, её дизайн и дополненная реальность / А. В. Лебедев // Молодой ученый. – 2016. – № 9 (113). – С. 196–200.
4. Трофимов, А. Фирменный стиль и корпоративный дизайн. – Москва, Кнорус, 2024. – 368 с.
5. Абрамович, Н. А. Эстетические и технические особенности шрифта типа готеск / Н. А. Абрамович, Я. В. Гуняга // Тезисы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов: тезисы докладов, Витебск, 27 апреля 2022 года. Витебск: Витебский государственный технологический университет. – 2022. – С. 170–171. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49508431\\_65583627.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49508431_65583627.pdf).
6. Попова, А. В. Эффективность продвижения ювелирного бренда / А. В. Попова, В. А. Виноградова // Материалы и технологии. – 2024. – № 1 (13). – С. 42–48. – DOI: 10.24412/2617-149X-2024-1-42-48.
7. Елисеенков, Г. С. Особенности дизайн-проектирования упаковки на основе исследований потребительских предпочтений / Г. С. Елисеенков, А. А. Черданцева, М. Е. Морокова // Дизайн и технологии. – 2020. – № 76 (118). – С. 17–23. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44812650\\_81204812.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44812650_81204812.pdf).
8. Kazarnovskaya G, Abramovich N. Adaptation of hand weaving technique for modern production of copies of slutsk belts. AIP Conference Proceedings. International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), Vitebsk, 08–10 June 2021, Vol. 2430. Vitebsk: AIP PUBLISHING; 2022. p.020002. DOI: 10.1063/5.0077173.
9. Samutsina N, Abramovich N. Simulation and visualization of one-and-a-half-layer fabrics. AIP Conference Proceedings: International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), Vitebsk, 08–10 June 2021, Vol. 2430. Vitebsk: AIP PUBLISHING. – 2022. – p.020004. DOI: 10.1063/5.0077193.
10. Абрамович, Н. А. Тенденции рисунков для цифровой печати на ткани / Н. А. Абрамович, А. С. Сергеева, А. В. Долгая // Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки: в двух томах, Витебск, 25 апреля 2018 года. Том 2. Витебск: Витебский государственный технологический университет. – 2018. – С. 59–62. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_36354085\\_82650887.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_36354085_82650887.pdf).
11. Казарновская, Г. В. Исследование витебского авангарда и использование его идей в дизайне графическом / Г. В. Казарновская, Н. И. Тарабуко, Н. А. Абрамович [и др.]. – Витебск: Витебский государственный технологический университет. – 2024. – 136 с.
12. Гончарова-Грабовская, С. Я. Франциск Скорина в белорусской драматургии рубежа XX–XXI вв. / С. Я. Гончарова-Грабовская. – Минск: БГУ. – 2018. – 90 с.

## REFERENCES

1. Fazylzyanova GI, Solovyova SA, Shigorina VN. Philosophy of design: modern aspects of integrated packaging design. *Ekonomicheskie i sotsial'no-gumanitarnye issledovaniya = Economic and Social Research*. 2021; №3(31):148–154. DOI:10.24151/2409-1073-2021-3-148-154. (In Russ.).

2. Popova AV, The use of linen fabric in the design of souvenir packaging. *Materialy i tekhnologii = Materials and Technologies*. 2018;2(2):94–99. DOI:10.24411/2617-149X-2018-12017. (In Russ.).
3. Lebedev AV. The evolution of packaging, its design and augmented reality. *Molodoy uchenyy*. 2016;№9(113):196-200. (In Russ.).
4. Trofimov A. Firmennyy stil' i korporativnyy dizayn = Corporate identity and corporate design. Moscow: Knorus; 2024:368. (In Russ.).
5. Abramovich NA, Gunyaga YV. Aesthetic and technical features of the grotesque type font. In: 55-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya prepodavateley i studentov: tezisy dokladov = 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students: Abstracts of Reports, April 27, 2022, Vitebsk. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2022;2:170–171. (In Russ.).
6. Popova AV, Vinogradova VA. Effectiveness of jewelry brand promotion. *Materialy i tekhnologii = Materials and Technologies*. 2024;1(13):42–48. DOI:10.24412/2617-149X-2024-1-42-48. (In Russ.).
7. Eliseenkov GS, Cherdantseva AA, Morokova ME. Features of packaging design based on consumer preference research. *Dizayn i tekhnologii*. 2020;№76(118):17-23. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44812650\\_81204812.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44812650_81204812.pdf) (In Russ.).
8. Kazarnovskaya GV, Abramovich NA. Adaptation of hand weaving technique for modern production of copies of slatisk belts. AIP Conference Proceedings. International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), June 08–10, 2021, Vitebsk.. Vitebsk: AIP PUBLISHING; 2022;2430:020002. DOI:10.1063/5.0077173.
9. Samutsina NN, Abramovich NA. Simulation and visualization of one-and-a-half-layer fabrics. AIP Conference Proceedings: International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021), June 08–10, 2021, Vitebsk. Vitebsk: AIP PUBLISHING; 2021;2430:020004. DOI:10.1063/5.0077193.
10. Abramovich NA, Sergeeva AS, Dolgaya AV. Trends of drawings for digital printing on fabric. In: Materialy dokladov 51-y Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov, posvyashchennoy Godu nauki = Materials of reports of the 51-st International Scientific and Technical Conference of teachers and students dedicated to the Year of Science: in two volumes, Vitebsk, April 25, 2018, Vitebsk: Vitebsk State Technological University; 2018;2:59–62. (In Russ.).
11. Kazarnovskaya GV et al. Issledovanie vitebskogo avangarda i ispol'zovanie ego idey v dizayne graficheskem = Research of Vitebsk avant-garde and use of its ideas in graphic design. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2024:135. (In Russ.).
12. Goncharova-Grabovskaya SY. Frantsisk Skorina v belorusskoy dramaturgii rubezha XX–XXI vv. = Francisk Skorina in the Belarusian drama of the turn of the XX–XXI centuries. Minsk: BSU; 2018:90. (In Russ.).

#### Сведения об авторах

**Попова Александра Владимировна**  
Доцент, доцент кафедры дизайна и моды учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
*E-mail: sashka\_20@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8824-5310>

**Виноградова Владислава Александровна**  
Студентка факультета дизайна учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
*E-mail: designimoda@yandex.by*

#### Information about the authors

**Alexandra V. Popova**  
Associate Professor of the Department of Design and Fashion, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus  
*E-mail: sashka\_20@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8824-5310>

**Vladislav A. Vinogradova**  
Student, Faculty of Design, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus  
*E-mail: designimoda@yandex.by*

Статья поступила в редакцию 21.11.2024.

## Исследование роли культурного кода в брендировании льносодержащего модного продукта

<sup>1</sup>Н. С. Захарчук,

<sup>1</sup>Учреждение образования «Витебский государственный

<sup>1</sup>Н. С. Акиндинова,

технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Р. Ф. Салахов

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Казанский государственный институт

культуры», г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация.** В условиях интенсификации процессов глобализации, сопровождающейся унификацией культурных кодов и массовизацией модных практик, особенно остро встает проблема сохранения национальной идентичности в сфере дизайна одежды и текстиля. В данной статье дизайн рассматривается как форма культурного производства и коммуникативная платформа, которая становится важным инструментом презентации и трансляции культурных ценностей, этнической памяти и социокультурной преемственности. В данном контексте обращение к локальным материалам, семиотически и исторически нагруженным, обретает не только эстетический, но и концептуально значимый характер. Цель исследования – определение роли культурного кода в брендировании льносодержащего модного продукта. Методы исследования многообразны: эмпирический (наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент), теоретический (абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, восхождение от абстрактного к конкретному) и креативный. В работе применяются методы анализа успешных креативных практик, что позволяет выявить наиболее эффективную стратегию развития национального модного бренда. Результатом исследования является разработка наиболее эффективной стратегии развития национального модного бренда как маркера национального дизайна в сфере костюма и текстиля.

*Ключевые слова:* лён, культурный код, дизайн костюма и текстиля, легкая промышленность, кроссдисциплинарный подход.

## A Study of the Role of Cultural Code in Branding a Flax-Containing Fashion Product

<sup>1</sup>Mikita S. Zakharchuk,

<sup>1</sup>Educational institution "Vitebsk State Technological University",

<sup>1</sup>Natalia S. Akindinova,

Vitebsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Rasykh F. Salakhov

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher

Education "Kazan State Institute of Culture",

Kazan, Russian Federation

**Abstract.** In the context of intensifying globalization processes, accompanied by the unification of cultural codes and the massification of fashion practices, the problem of preserving national identity in the field of clothing and textile design is particularly acute. This article examines design as a form of cultural production and a communicative platform that becomes an important tool for representing and transmitting cultural values, ethnic memory and socio-cultural continuity. In this context, turning to local materials, semiotically and historically loaded, acquires not only an aesthetic, but also a conceptually significant character. The purpose of the study is to determine the role of the cultural code in branding a flax-containing fashion product. The research methods are diverse: empirical (observation, comparison, measurement, experiment), theoretical (abstraction, analysis and synthesis, induction and deduction, ascent from the abstract to the concrete) and creative. The work uses methods of analyzing successful creative practices, which allows us to identify the most effective strategy for the development of a national fashion brand. The result

of the research is the development of the most effective strategy for the development of a national fashion brand as a marker of national design in the sphere of costume and textiles.

Keywords: flax, cultural code, costume and textile design, consumer goods industry, cross-disciplinary approach.

## ВВЕДЕНИЕ

Перспективы развития льносодержащей одежды как маркера национального бренда Республики Беларусь представляют собой стратегически значимое направление, в котором переплетаются культурные традиции, экономические интересы и творческий потенциал дизайнерской школы страны. Использование льна, как одного из символов национальной идентичности, позволяет не только актуализировать культурное наследие, но и придать современному модному продукту особую аутентичность и смысловую глубину. В этом контексте лен выступает не просто как материал, а как носитель визуального и семантического кода, транслирующего ценности устойчивости, сопричастности и национальной самобытности [1].

Объектом исследования является лен как элемент культурного кода в дизайне костюма и текстиля. Предмет исследования – культурный код в костюме и текстиле.

Цель исследования – определение роли культурного кода в брендировании льносодержащего модного продукта. Методы исследования многообразны: эмпирический (наблюдение, сравнение и эксперимент), теоретический (абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, восхождение от абстрактного к конкретному) и креативный.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На фоне глобальных изменений в системе моды, все более заметными становятся тренды на экологичность, локальное производство и устойчивое потребление [2]. Данные факторы создают благоприятную почву для развития льносодержащей одежды как продукта осознанного выбора, сочетающего высокое качество, уважение к природе и глубокую культурную укорененность [3]. Кроме того, активизация интереса к ремесленным техникам, локальным орнаментам и историческим мотивам открывает возможности для расширения визуального языка моды, в котором лен может играть ведущую роль (рис. 1).

Продвижение льносодержащей одежды на внутреннем и внешнем рынках представляет собой не только коммерчески перспективное, но и культурно значимое направление. Это позволяет формировать уникальный имидж белорусского дизайна на международной арене, укреплять позиции национального бренда и актуализировать традиционные ремесленные практики в контексте глобальной модной индустрии. Интеграция льна в актуальные ди-

зайнерские решения способствует не только расширению экспортного потенциала, но и вовлечению молодого поколения в процессы культурного самовыражения и устойчивого потребления.

The Synergy of Belarusian Linen Fashion



Рисунок 1 – Синергия белорусской льняной моды

Figure 1 – Synergy of Belarusian linen fashion

Ярким примером эффективной платформы самовыражения юных креаторов выступает Международный фестиваль «Свята льну. Роднае моднае». Центральным элементом мероприятия является конкурс молодых дизайнеров-модельеров, принципиальное условие которого – создание коллекций одежды преимущественно из льносодержащих материалов [1]. Это не просто творческое задание, а стратегический ход, решающий несколько задач одновременно:

1. Молодые дизайнеры становятся не пассивными потребителями наследия, а его активными интерпретаторами. Погружаясь в работу со льном им необходимо исследовать его свойства, историю применения, традиционные техники, переосмысливая их в современных эстетических и функциональных категориях [4].

2. Обязательное использование льносодержащих материалов делает экологичность не абстрактной концепцией, а конкретным рабочим материалом. Молодые создатели на практике осознают преимущества локального сырья, его тактильные и эксплуатационные качества. Подобные коллекции становятся наглядной агитацией за устойчивую моду для их сверстников, демонстрируя, что экологичность может быть стильной и инновационной [5].

3. Конкурс предоставляет уникальную возможность для начинающих талантов заявить о себе на международном уровне, получить обратную связь от профессионалов и публики. Работа с культурно на-

сыщенным материалом становится мощным инструментом формирования их уникального авторского почерка, основанного на глубоком понимании контекста (рис. 2).



**Рисунок 2 – Победитель III Международного фестиваля «Свята льну. Роднае моднае» коллекция «На завалинке» (дизайнер Виктория Хомченко, ВГТУ)**

**Figure 2 – Winner of the III International Festival "Holy Linen. Native Fashion" collection "On the Bench" (designer Victoria Khomchenko, VSTU)**

Особую значимость фестивалю придает его международный статус и способность служить мостом для культурного обмена. Участие представителя Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный институт культуры» (г. Казань, Российская Федерация) Наили Бургановой в конкурсе молодых дизайнеров является показательным примером данного кросс-культурного диалога. Будучи носителем иной, богатой татарской культурной традиции, она привнесла в конкурс, фокусирующийся на белорусском льняном наследии, свой уникальный взгляд [6]. Элитное тонкое длин-

ное льняное волокно из-за своей ценности принято называть белорусским шелком, поэтому коллекция «Шелковый путь» стала актом творческого осмысливания льна через призму культурных кодов Республики Татарстан, что демонстрирует универсальность льна как материала и его способность служить холстом для выражения разнообразных культурных нарративов (рис. 3).

Подобное участие расширяет смысловое поле бренда «белорусский лен». Демонстрирует, что традиционный материал не замыкается в рамках одной национальной идентичности, но может стать точкой соприкосновения и взаимного обогащения

различных культур, привлекая молодежь из разных стран общей идеей устойчивости и уважения к материальному наследию [1].

Международный фестиваль «Свята льну. Роднае моднае» представляет собой эффективную модель вовлечения молодежи в процессы культурного самовыражения и продвижения устойчивого потребления через призму локального бренда. Условие обязательного использования льна трансформирует молодых участников из пассивных наследников в активных сформаторов актуального культурного наследия. Участие таких представителей международного сообщества, как Наиля Бурганова (Ка-

занский государственный институт культуры) наряду с молодыми начинающими дизайнерами из Беларуси, Казахстана и ближнего зарубежья, подчеркивает глобальный потенциал локальных культурных кодов, заложенных в льняном продукте, и способствует созданию инклюзивного пространства диалога [6]. Данный опыт демонстрирует, что будущее национального бренда напрямую зависит от его способности предоставлять молодежи инструменты и платформы для творческой переработки наследия в контексте ценностей устойчивого развития и глобальной взаимосвязи культур.



**Рисунок 3 – Победитель II Международного фестиваля «Свята льну. Роднае моднае»  
Наиля Бурганова (Казань, Российская Федерация)**

**Figure 3 – Winner of the II International Festival "Holy Flax. Native Fashion"  
Nailya Burganova (Kazan, Russian Federation)**

Однако авангардные идеи, генерируемые молодыми дизайнерами, зачастую сталкиваются с вызовом промышленной реализации. Особенно важным становится переосмысление традиционного льняного костюма и текстиля в контексте актуального дизайна – с ориентацией на эстетику минимализма, ручные ремесленные технологии, авторскую отделку и экспериментальные формы [7]. Преодолеть этот разрыв между концепцией и производством

позволяет ценное сотрудничество с промышленными предприятиями, обладающими глубокими производственными и технологическими компетенциями в области льна, такими как РУППП «Оршанский льнокомбинат» и ОАО «Знамя индустриализации». Данные предприятия, имеющие богатый опыт работы с натуральными тканями и устойчивые позиции в швейной отрасли, могут выступать ключевыми партнерами в процессе создания дизайнерских

коллекций одежды из льносодержащих материалов.

Сотрудничество с представителями промышленного сектора представляет собой важный практический компонент в реализации идей национального бренда, реализующего перспективный модный продукт. Данная кооперация направлена на объединение научного и производственного потенциала с целью воплощения современных дизайнерских решений с интеграцией элементов культурного кода с целью создания «национального бренда Республики Беларусь».

В рамках сотрудничества решены следующие задачи:

- дизайн-проектирование швейных изделий из льносодержащих материалов, произведенных на предприятии, с учетом их физико-механических и потребительских свойств; структурных, тактильных и эстетических характеристик;
- технологическая поддержка при разработке и изготовлении опытных образцов коллекции;
- экспертное сопровождение при оценке производимой продукции с точки зрения соответствия требованиям швейного производства;
- консультации по вопросам устойчивого производства, экологических стандартов и рыночного позиционирования изделий.

Проект, реализованный в рамках научно-исследовательской работы № 294 «Инновационные технологии проектирования имиджевого продукта для предприятия легкой промышленности», ориен-

тирован на создание эффективных инструментов визуальной и медийной коммуникации, направленных на привлечение молодежной аудитории. Основное внимание уделяется использованию современных средств массовой информации и цифровых медиа как каналов продвижения и формирования устойчивого визуального имиджа продукции предприятия.

В результате проведенных исследований и практико-ориентированной дизайн-деятельности разработана и воплощена в материале коллекция, включающая 30 образов, что эквивалентно 56 швейным изделиям. Каждое изделие разрабатывалось с учетом актуальных трендов, особенностей восприятия целевой аудитории и элементов национального культурного кода, что обеспечило коллекции актуальность и коммерческий потенциал.

Дополнительно в рамках проекта создан комплекс визуального сопровождения, включающий профессиональный фотопродукт и имиджевый видеопроект. Данные материалы не только визуализировали концепцию коллекции, но и стали полноценным инструментом для представления бренда в медиапространстве, в том числе в социальных сетях, на онлайн-платформах и в рамках выставочно-презентационных мероприятий [8]. Таким образом, проект продемонстрировал успешную интеграцию дизайнера под подхода, медиатехнологий и маркетинговых стратегий в формировании имиджевого продукта нового поколения (рис. 4).



Рисунок 4 – Имиджевый фотопродукт для ОАО «Знамя индустриализации»

Figure 4 – Image photo product for JSC "Banner of Industrialization"

В контексте современной модной индустрии видеомаркетинг представляет собой одну из наиболее значимых составляющих маркетинговой стратегии брендов. При условии корректной реализации видеоконтента, он способен существенно повысить уровень вовлеченности аудитории, спо-

собствуя взаимодействию с брендом на цифровых платформах [9]. Такой подход не только привлекает внимание клиентов, но и способствует формированию лояльности к бренду. На рисунке 5 представлены фрагменты видеопродукта, выполненного в редакторе Adobe After Effect.



Рисунок 5 – Имиджевый видеопродукт для ОАО «Знамя индустриализации»

Figure 5 – Image video product for JSC "Banner of Industrialization"

Проект, реализованный в рамках научно-исследовательской работы № 296 «Разработка методологии проектирования дизайнерских швейных изделий IV полнотной группы из льносодержащих материалов», ориентирован на разработку эффективных дизайнерских решений, способных удовлетворить потребности малообеспеченного ассортиментом и недостаточно охваченного сегмента потребителей – мужчин и женщин IV полнотной группы и представителей аудитории элегантного возраста. Учитывая физиологические особенности, запросы на комфорт и эстетические предпочтения данной социальной группы, особое внимание в проекте уделялось эргономике, функциональности и выразительным средствам дизайна, а также важности отражения в проекте национального культурного кода Республики Беларусь.

Целью проекта является создание методологии проектирования одежды, сочетающей высокие потребительские качества, современную визуальную выразительность и национально-культурную идентичность, выраженную через использование льносодержащих материалов и традиционного геометрического кроя комплекса белорусского народного костюма. Лен выбран не только как экологически чистый и гипоаллергенный текстиль, но и как культурно-кодовый носитель белорусской идентичности, что позволило расширить дизайнерский дискурс в сторону актуализации современной политической повестки, направленной на сохранение исторической памяти.

В рамках проекта разработаны и выполнены в материале 15 стилистически и конструктивно завершенных образов, включающих 30 швейных изделий. Коллекция демонстрирует баланс между эстетикой зрелости, комфортом и современными модными тенденциями.

Завершающим этапом проекта стало создание визуальной айдентики бренда «Pole kvetok» – профессиональный фотопродукт и имиджевый видеопроект, направленные на формирование эмоционально-насыщенного и узнаваемого образа заботящегося о всех группах населения бренда. Данные материалы легли в основу масштабной рекламной кампании, направленной на продвижение коллекции в рамках специализированных выставок, цифровых платформ и социальных медиа (рис. 6).

Таким образом, проект стал примером кроссдисциплинарного подхода к проектированию одежды с учетом социальных, культурных и маркетинговых факторов, способствующего расширению инклюзивного модного пространства [7].

Практическая значимость взаимодействия с ОАО «Знамя индустриализации» – результаты вышеперечисленных проектов продемонстрированы на заседаниях художественно-технического совета РУППП «Оршанский льнокомбинат», где получили высокую отметку представителей предприятия и торгового сектора. Экономическую эффективность разработок демонстрируют 10 актов внедрения результатов научно-исследовательской работы в производство (рис. 7–8).



Рисунок 6 – Пример имиджевой презентации модного продукта для людей элегантного возраста

Figure 6 – An example of an image presentation of a fashionable product for people of elegant age



Рисунок 7 – Расширенное заседание художественно-технического совета  
РУПТП «Оршанский льнокомбинат» (04.12.2024 г., г. Орша)

Figure 7 – Extended meeting of the artistic and technical council  
of the RUPTE "Orsha Linen Mill" (04.12.2024, Orsha)



Рисунок 8 – Открытое выездное заседание художественно-технического совета  
РУПТП «Оршанский льнокомбинат» (04.03.2025 г., г. Витебск, УО «ВГТУ»)

Figure 8 – Open visiting meeting of the artistic and technical council  
of the RUPTE "Orsha Linen Mill" (04.03.2025, Vitebsk, VSTU)

Благодаря интеграции проектных решений с производственными возможностями ОАО «Знамя индустриализации» обеспечивается не только высокая степень реализации авторской концепции, но и потенциал ее дальнейшей тиражируемости, в том числе для экспорта. Подобное сотрудничество демонстрирует пример эффективного взаимодействия образования и промышленности в сфере культурно ориентированного и коммерчески успешного модного продукта [10].

Совместная работа с ОАО «Знамя индустриализации» открывает возможности для комплексной разработки изделий под брендом «Pole kvetak» – нового направления, ориентированного на продвижение одежды с национальной идентичностью и высоким уровнем эстетики и качества. Производственные мощности предприятия позволяют реализовать полный цикл: от разработки эксклюзивных

тканей и текстур до мелкосерийного швейного производства с высокой степенью детализации и авторским подходом. Это создает условия для создания уникальных коллекций, где лен становится не просто материалом, а основой концепции бренда, отражающего философию белорусской земли, природной чистоты и культурного наследия (рис. 9).

Кроме того, сотрудничество с промышленным предприятием дает возможность внедрения инноваций в традиционную ткань – разработку новых видов смесевых льносодержащих материалов, улучшение показателей износостойкости и комфорта, применение экологически чистых красителей и технологий обработки. Это позволяет сохранить идентичность материала и одновременно повысить его конкурентоспособность в премиум-сегменте, где особенно важны тактильные свойства, визуальная выразительность и устойчивость к износу [3].

## Создание бренда одежды с национальной идентичностью



Рисунок 9 – Стратегия развития бренда «Pole kvetak»

Figure 9 – "Pole kvetak" brand development strategy

Таким образом, развитие льносодержащей одежды в рамках бренда «Pole kvetak» при поддержке ОАО «Знамя индустриализации» представляет собой перспективную модель взаимодействия между дизайном, образованием, промышленностью и культурой. Данное сотрудничество может стать образцом для формирования нового национального стиля, основанного на глубоком уважении к традициям, инновационном подходе и актуальном прочтении этнической эстетики в контексте современной моды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование подтвердило фундаментальную гипотезу о том, что лен является ключевым семиотическим элементом белорусского культурного кода, обладающим уникальным потенциалом для трансформации в контексте современного дизайна костюма и текстиля. В процессе работы обоснована роль льна как культурного ресурса, обладающего символическим и идентификационным значением в белорусской традиции. Установлено, что в культур-

ном контексте лен выполняет функции не только утилитарного материала, но и маркера этнической принадлежности, отражая сакральные, трудовые и природные архетипы.

Научная новизна исследования заключается в системном осмысливании льна как медиатора между материальностью и культурным смыслом, концептуального инструмента эмоционального fashion-нarrатива и стратегического ресурса национального брендинга. Практическая значимость проявляется в разработке коллекций, внедрении междисциплинарной методологии проектирования и интеграции цифровых инструментов продвижения.

Особое внимание следует уделить значимости данной работы для молодежной политики Республики Беларусь. В условиях поиска идентичности, устойчивых ценностей и самореализации молодых дизайнеров, интеграция традиционного ресурса –

льна – в актуальные модные формы способствует формированию культурно осмысленного, экологичного и профессионально привлекательного пространства. Это открывает возможности для вовлечения молодежи в креативные индустрии, укрепления национального самосознания и поддержки отечественного производства.

Перспективы исследования включают дальнейшее развитие семиотики льняного текстиля в контексте глобальных трендов устойчивой моды, расширение ассортимента через международные коллаборации, а также создание образовательных и исследовательских программ по этнокультурному дизайну.

Таким образом, лен предстает не только как материал, но и как язык, на котором белорусская культура способна быть услышанной в мировом дизайне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиндинова, Н. Университет как партнер модной индустрии / Н. Акиндинова // *Наука и инновации*. – 2024. – № 11(261). – С. 45–49. <https://innosfera.belnauka.by/jour/article/view/706/674>.
2. Пищинская, О. В. Влияние медленной моды на дизайн костюма / О. В. Пищинская, Э. Н. Чулкова, Е. А. Хазанкина [и др.]. – Москва : Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2024. – 143 с.
3. Захарчук, Н. С. Выявление ДНК бренда в разрезе авторского творчества / Н. С. Захарчук, Л. В. Попковская // *Материалы и технологии*. – 2024. – № 1(13). – С. 33–41. DOI:10.24412/2617-149X-2024-1-33-41.
4. Казарновская, Г. В. Исследование витебского авангарда и использование его идей в дизайне графическом / Г. В. Казарновская, Н. И. Тарабуко, Н. А. Абрамович [и др.]. – Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2024. – 136 с.
5. Choi, W. Developing an AI-based automated fashion design system: reflecting the work process of fashion designers / W. Choi, S. Jang, H.Y. Kim, S. Lee, H. Lee, S. Park // *Fashion and Textiles*. – 2023. – Vol.10 (39). – P. 1–17. DOI:10.1186/s40691-023-00360-w.
6. Салахов, Р. Ф. Формы взаимодействия ученых и бизнесменов в продвижении этнических культур (на примере КазГИК) / Р. Ф. Салахов, Ы. Т. Турсуналиева, А. Р. Ташметова // *Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств*. – 2025. – № 1. – С. 115–122. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80645016\\_73285043.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80645016_73285043.pdf).
7. Захарчук, Н. С. Кросс-дисциплинарный подход к проектированию одежды в системе «Авторская коллекция» / Н. С. Захарчук, Л. В. Попковская // *Материалы и технологии*. – 2024. – № 2(14). – С. 68–81. – DOI 10.24412/2617-149X-2024-2-68-81.
8. Мандрик, А. В. Создание имиджевого фотопродукта в рамках учебного процесса / А. В. Мандрик, Н. С. Захарчук // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : В ДВУХ ТОМАХ, Витебск, 19 апреля 2023 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2023. – С. 89-91. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_54666786\\_99130380.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54666786_99130380.pdf).
9. Abramovich, N. Visual communications in educational marketing / N. Abramovich, K. Glusova // *Education and science in the 21st century : Articles of the VIII International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, November 29, 2023*. – Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2024. – P. 9–12.
10. Jarek, K. Marketing and artificial intelligence / K. Jarek, G. Mazurek // *Central European Business Review*. – 2019. – Vol. 8 (2). – P. 46–56. DOI: 10.18267/j.cebr.213.

## REFERENCES

1. Akindinova N. University as a partner of the fashion industry. *Nauka i innovatsii = Science and Innovation*. 2024;11(261):45-49. <https://innosfera.belnauka.by/jour/article/view/706/674>. (In Russ.).
2. Pishchinskaya OV et al. Vliyanie medlennoy mody na dizayn kostyuma = The influence of slow fashion on costume design. Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Rossiyskiy gosudarstvennyy universitet imeni A.N. Kosygina (Tekhnologii. Dizayn. Iskusstvo)"; 2024:143. (In Russ.).
3. Zakharchuk NS, Popkovskaya LV. Identification of brand DNA in the context of author's creativity. *Materialy i tekhnologii = Materials and technologies*. 2024;1(13):42–48. DOI:10.24412/2617-149X-2024-1-42-48. (In Russ.).
4. Kazarnovskaya G et al. Issledovanie vitebskogo avangarda i ispol'zovanie ego idey v dizayne graficheskem = Research of Vitebsk avant-garde and use of its ideas in graphic design. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2024:135. (In Russ.).
5. Choi W, Jang S, Kim H.Y, Lee S, Lee H, Park S. Developing an AI-based automated fashion design system: reflecting the work process of fashion designers. *Fashion and Textiles*. 2023;10(39):1-17. DOI:10.1186/s40691-023-00360-w.
6. Salakhov RF, Tursunaliyeva YT, Tashmetova AR. Forms of interaction between scientists and businessmen in promoting ethnic cultures (on the example of KazGIK). *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv*. 2025;1:115-122. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_80645016\\_73285043.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80645016_73285043.pdf). (In Russ.)
7. Zakharchuk NS, Popkovskaya LV. Cross-disciplinary approach to clothing design in the Author's Collection system. *Materialy i tekhnologii = Materials and technologies*. 2024;2(14):68–81. DOI:10.24412/2617-149X-2024-1-42-48. (In Russ.).
8. Mandrik AV, Zakharchuk NS. Creation of an image photo product within the educational process. In: *Materialy dokladov 56-y Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov = Proceedings of the 56th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, April 19, 2023, Vitebsk; Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet; 2023;2:89–91. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_54666786\\_99130380.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54666786_99130380.pdf). (In Russ.).
9. Abramovich N, Glusova K. Visual communications in educational marketing. In: *Education and science in the 21st century : Articles of the VIII International Scientific and Practical Conference*, November 29, 2023, Vitebsk. Vitebsk: Vitebsk State Technological University; 2024:9-12.
10. Jarek K, Mazurek G. Marketing and artificial intelligence. *Central European Business Review*. 2019;8(2):46–56. DOI: 10.18267/j.cebr.213.

### Сведения об авторах

#### Захарчук Никита Сергеевич

Ассистент кафедры дизайна и моды учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail: melopaque@gmail.com*

#### Акиндинова Наталья Станиславовна

Кандидат технических наук, декан факультета дизайна учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*E-mail: akindinovanatasha@mail.ru*

### Information about the authors

#### Nikita S. Zakharchuk,

Assistant of the Department of Design and Fashion, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail: melopaque@gmail.com*

#### Natalia S. Akindinova

Ph. D. in Eng., Assoc. Prof., Dean of the Faculty of Design, Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

*E-mail: akindinovanatasha@mail.ru*

**Салахов Расых Фарукович**

Кандидат педагогических наук, доцент, декан факультета инноваций и традиций народной художественной культуры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный институт культуры»

*E-mail: rasih@mail.ru*

**Rasykh F. Salakhov**

Ph. D. in Ped. Sc., Assoc. Prof., Dean of the Faculty of Innovations and Traditions of Folk-Art Culture, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russian Federation

*E-mail: rasih@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 15.06.2025.

Научное сетевое электронное издание

## Материалы и технологии

Научный журнал

№ 1 (15), 2025

Дизайн обложки: *Абрамович Н. А.*

Компьютерная верстка: *Григорьева Н. В.*

Редактор: *Никифорова Р. А.*

---

Подписано в печать 22.09.2025. Гарнитура Times.

Усл. печ. листов 11,3. Уч.-изд. листов 11,5. Формат 60x90 1/8. Тираж 40 экз. Заказ № 615.

---

Сайт журнала: <http://mat-tech.vstu.by>

Свёрстано и подготовлено к печати издательским сектором  
Витебского государственного технологического университета.  
210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Полиграфическое исполнение –  
Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов  
Республики Беларусь»  
220004, Республика Беларусь, г. Минск,  
ул. Кальварийская, 17  
ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.