



Костромской  
государственный  
университет

ISSN 2587-6147

16+



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2(60)  
2023



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

**2 0 2 3**

**№ 2(60)**

**ИЮНЬ**

# TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

**2 0 2 3**

**№ 2(60)**

**JUNY**

**Реферируемое издание ВИНТИ Российской академии наук**

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

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

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

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

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

### Главный редактор

СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА СМИРНОВА  
кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

### Ответственный редактор

ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ РУДОВСКИЙ  
доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХИН

доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

### ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА

кандидат технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

### МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ

доктор технических наук, доцент,  
Костромской государственной университет

### ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургская государственная  
художественно-промышленная академия  
им. А. Л. Штиглица

### МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ

доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет

### АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХИН

доктор технических наук, профессор,  
Ивановский государственный политехнический университет

### СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ПАЛОЧКИН

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

### НАДЕЖДА АНАТОЛЬЕВНА СМИРНОВА

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ СТАРОВЕРОВ

доктор технических наук, профессор,  
Костромской государственной университет

### ЕВГЕНИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СУРЖЕНКО

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

### ВЕЙЛИН СЮ

профессор, Уханьский текстильный университет (КНР)

### САЛОХИДДИН ЗУНУНОВИЧ ЮНУСОВ

доктор технических наук, профессор,  
Российский государственный университет нефти и газа  
(НИУ) им. И. М. Губкина (филиал, г. Ташкент)

## EDITORIAL BOARD STAFF:

### Editor-in-chief

SVETLANA GENNADIEVNA SMIRNOVA  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

### Executive Secretary

PAVEL NIKOLAEVICH RUDOVSKY  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### SERGEY ILICH GALANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### ALEXANDER PAVLOVICH GRECHUKHIN

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

### LYUDMILA YURIEVNA KIPRINA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

### MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kostroma State University

### ZHANNA YURIEVNA KOYTOVA

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

### MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Saint Petersburg State  
University of Economics

### ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### ALEKSEY YURIEVICH MATROHIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Ivanovo State Polytechnic University

### SERGEY VLADIMIROVICH PALOCHKIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Bauman Moscow State Technical University

### NADEZHDA ANATOLEVNA SMIRNOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### GALINA GEORGIYEVNA SOKOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### BORIS ALEKSANDROVICH STAROVEROV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kostroma State University

### EVGENIY YAKOVLEVICH SURZHENKO

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

### WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University (China)

### SALOHIDDIN ZUNUNOVICH YUNUSOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Branch of Gubkin Russian State University of Oil and Gaz  
(National research University) in Tashkent

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Абрамов А. В., Клим А. Д.,  
Родичева М. В., Дориомедов А. С.**  
Исследование процессов влагоотдачи  
трикотажных полотен для базового слоя  
комплектов зимней одежды ..... 5

**Антонова М. В.**  
Исследование антистатических  
свойств материалов, обработанных  
коллоидными составами  
на основе металлических наночастиц ..... 10

### ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Щепочкин А. М., Щепочкина Ю. А.**  
Санитарно-гигиеническая характеристика  
воздушной среды льнозаводов ..... 15

**Рудовский П. Н., Белова И. С., Сахарова Н. С.**  
Определение числа контактов  
между волокнами в поперечном сечении  
продукта прядения ..... 20

**Круглов А. В., Телегин Е. С.,  
Матрохин А. Ю., Грузинцева Н. А.**  
Основные направления развития  
инновационных технологий  
в создании системы энергообеспечения  
«умной одежды» ..... 25

**Бойко С. Ю., Фефелова Т. Л.,  
Трифорова Л. Б., Сокова Г. Г.,  
Рудовский П. Н.**  
Комбинированные нити  
с ферромагнитным стержнем, их структура  
и перспективы использования ..... 30

### ДИЗАЙН

**Галанин С. И., Колупаев К. Н., Лебедева Т. В.**  
Цветовой дизайн ювелирно-художественных  
изделий: проблемы и решения ..... 36

**Рыжкова В. В., Иванова О. В.**  
Особенности  
художественного проектирования  
рисунков для текстиля ..... 43

## CONTENTS

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

**Abramov A. V., Klim A. D.,  
Rodicheva M. V., Doriomedov A. S.**  
Study of moisture recovery processes  
of knitted fabrics for the base layer  
of winter clothing sets ..... 5

**Antonova M. V.**  
Study of the antistatic properties  
of materials treated with  
colloidal compositions based  
on metal nanoparticles ..... 10

### TEXTILE PRODUCTS TECHNOLOGIES AND MODERN MATERIALS

**Shchepochkin A. M., Shchepochkina Ju. A.**  
Sanitary and hygienic characteristics  
of the air environment at flax plants ..... 15

**Rudovskiy P. N., Belova I. S., Sakharova N. S.**  
Determination of the number  
of contacts between fibers in the cross section  
of the spinning product ..... 20

**Kruglov A. V., Telegin E. S.,  
Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A.**  
Main directions for the development  
of innovative technologies  
in creating the power supply system  
of “smart clothing” ..... 25

**Boyko S. Yu., Fefelova T. L.,  
Trifonova L. B., Sokova G. G.,  
Rudovsky P. N.**  
Combined filaments with  
a ferromagnetic rod, their structure  
and prospects for use ..... 30

### DESIGN

**Galanin S. I., Kolupaev K. N., Lebedeva T. V.**  
Color design of jewelry and art products:  
problems and solutions ..... 36

**Rizhkova V. V., Ivanova O. V.**  
Particularities  
of artistic design  
of patterns for textiles ..... 43

<b>Заева Н. А., Безденежных А. Г., Каргина С. И.</b> Использование систем автоматизированного проектирования в работе художника-дизайнера ювелирных изделий ..... 49	<b>Zaeva N. A., Bezdenezhnykh A. G., Kargina S. I.</b> The use of computer-aided design systems in the work of an artist-designer of jewelry ..... 49
<b>Мочалова Л. В., Мамедова И. Ю.</b> Методы исследования пользовательского опыта в разработке дизайна интерфейса ..... 55	<b>Mochalova L. V., Mamedova I. Yu.</b> Methods of user experience research interface design development ..... 55
<b>Мамедова И. Ю., Чурин А. С., Оранская И. А.</b> Оригинальность объектов дизайна, полученных при помощи нейронных сетей ..... 62	<b>Mamedova I. Yu., Churin A. S., Oranskaya I. A.</b> Originality of design objects created with the help of neural networks ..... 62
<b>Мильчакова Н. Е., Скачков О. И.</b> Использование многоугольников в различных файловых форматах при разработке дизайна 3D-моделей ..... 70	<b>Milchakova N. E., Skachkov O. I.</b> The use of polygons in various file formats in the developing design of 3D models..... 70
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ ..... 76</b>	<b>REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLE ..... 76</b>

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.017.636:677.075

EDN ILXJNW

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-5-9

Антон Вячеславович Абрамов<sup>1</sup>

Александр Дмитриевич Клим<sup>2</sup>

Маргарита Всеволодовна Родичева<sup>3</sup>

Александр Сергеевич Дориомедов<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

<sup>3</sup> Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, г. Орел, Россия

<sup>1</sup> Ant-lin88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7082-1344>

<sup>2</sup> alklim@lenta.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6188-2655>

<sup>3</sup> rodicheva.unpk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1092-6141>

<sup>4</sup> smart\_bk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5092-4648>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЛАГООТДАЧИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ БАЗОВОГО СЛОЯ КОМПЛЕКТОВ ЗИМНЕЙ ОДЕЖДЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема прогнозирования влагообмена текстильных материалов во влажном состоянии на примере трикотажных полотен бельевого назначения. На основе термодинамической аналогии процессов переноса тепла и влаги построена экспериментальная шкала потенциала влагопереноса эталонного тела. В результате исследования массообменной системы «образец – эталонное тело» получены массообменные характеристики нескольких трикотажных полотен. Получены термодинамические соотношения для расчета интенсивности влагоотдачи текстильных материалов в пакете одежды. Приведены результаты расчетов на примере выбранных образцов. Результаты расчетов позволили установить зависимость между плотностью потока влаги от образца и величиной потенциала влагопереноса. Установлены значимые различия между этими потоками. Полученные данные позволяют составить прогноз об эксплуатационной эффективности одежды при различных вариантах материала бельевого слоя.

**Ключевые слова:** трикотажные полотна, массообмен, влагоемкость, потенциал влагопереноса, влажное состояние, гигроскопическое состояние, интенсивность влагообмена

**Для цитирования:** Исследование процессов влагоотдачи трикотажных полотен для базового слоя комплектов зимней одежды / А. В. Абрамов, А. Д. Клим, М. В. Родичева, А. С. Дориомедов // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 5–9. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-5-9>.

Original Article

Anton V. Abramov<sup>1</sup>

Aleksandr D. Klim<sup>2</sup>

Margarita V. Rodicheva<sup>3</sup>

Aleksandr S. Doriomedov<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Russian State University named after A. N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

<sup>3</sup> Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

## STUDY OF MOISTURE RECOVERY PROCESSES OF KNITTED FABRICS FOR THE BASE LAYER OF WINTER CLOTHING SETS

© Абрамов А. В., Клим А. Д., Родичева М. В., Дориомедов А. С., 2023

**Abstract.** The article considers the problem of predicting the moisture exchange of textile materials in a wet state using the example of knitted fabrics for underwear. Based on the thermodynamic analogy of heat and moisture transfer processes, an experimental scale of the moisture transfer potential of a reference body was constructed. As a result of the study of the mass transfer system “sample – reference body”, the mass transfer characteristics of several knitted fabrics were obtained. Thermodynamic relations are obtained for calculating the intensity of moisture transfer of textile materials in a bag of clothes. The results of calculations are given on the example of the selected samples. The results of the calculations made it possible to establish the relationship between the moisture flux density from the sample and the value of the moisture transfer potential. Significant differences between these flows have been established. The data obtained make it possible to make a forecast about the operational efficiency of clothing with various options for the material of the linen layer.

**Keywords:** knitted fabrics, mass transfer, moisture capacity, moisture exchange potential, wet state, hygroscopic state, moist-exchange intensiveness

**For citation:** Abramov A. V., Klim A. D., Rodicheva M. V., Doriomedov A. S. Study of moisture recovery processes of knitted fabrics for the base layer of winter clothing sets. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 5–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-5-9>.

Во время активного отдыха при пониженных температурах возникает проблема своевременного отведения пота от тела человека без его накопления в комплекте одежды. В настоящее время эта задача решается методами конфекционирования пакета текстильных материалов.

Для достижения максимальной эксплуатационной эффективности комплекта одежды правила комплектования пакета материалов должны основываться на закономерностях влагопереноса в капиллярно-пористых коллоидных телах. В рамках теории массообмена показано, что влага перемещается по структуре текстильных материалов в парообразной и жидкой фазах [1]. В небольших воздушных объемах, например, в поровом пространстве объемных нетканых утеплителей, пар перемещается молекулярной диффузией. В пододежном пространстве, а также в значительных по объему воздушных прослойках перенос влаги осуществляется молярной диффузией. Эти явления наблюдаются, например, при испарении пота с поверхности тела в пододежное пространство. Проведенный обзор литературных источников показывает, что процессы паропереноса достаточно хорошо изучены [2–6].

Влагоперенос в жидкой фазе наблюдается при поглощении одеждой пота в зонах непосредственного контакта с телом, а также при конденсации паров влаги в результате снижения температуры пакета текстильных материалов. Как показывает анализ литературных источников, транспорт жидкой влаги в пакете материалов изучен в меньшей степени в сравнении с остальными механизмами переноса [7].

При этом большинство экспериментальных методов основаны на термодинамической аналогии между процессами переноса тепла и влаги, предложенной А. В. Лыковым [8]. В рамках этой идеи влагосодержание капиллярно-

пористого коллоидного тела, в том числе текстильных материалов, описывается следующей моделью:

$$u = b + c_m \Theta, \quad (1)$$

где  $u$  – влагосодержание капиллярно-пористого коллоидного тела, г/г;

$b$  – константа;

$c_m$  – удельная изотермическая влагоемкость тела, кг/(кг·°М);

$\Theta$  – потенциал влагопереноса, °М.

В уравнении (1) используется величина потенциала влагопереноса, который, по аналогии с понятием «температура», представляет собой математическую величину, характеризующую интенсивность движения жидкой влаги в системе капиллярно-пористых коллоидных тел. Шкалу потенциала влагопереноса получают относительно выбранного эталонного тела, как правило, фильтровальной бумаги. Для этого тела устанавливают реперные точки потенциала влагопереноса:  $\Theta_{s1} = 0$  °М в абсолютно сухом состоянии,  $\Theta_{s2} = 100$  °М при максимальном увлажнении.

Исследование проведено с использованием фильтровальной бумаги марки «Белая лента». Ее состояние с максимальным влагосодержанием получено после выдерживания в дистиллированной воде в свободном состоянии в течение  $60 \text{ мин} \pm 60 \text{ с}$ . Для определения величины удельного влагосодержания образцы выдерживались в сушильном шкафу при температуре  $(107 \pm 2)$  °С в течение 2,5 ч. При исследовании двадцати образцов выбранного эталонного тела величина удельного влагосодержания составила  $u_{s2} = (2,34 \pm 0,15)$  г/г.

Если принять, что удельная влагоемкость эталонного тела есть частная производная влагосодержания по потенциалу влагопереноса, то [8].

$$c_{m-э.м} = \left( \frac{\partial u}{\partial \Theta} \right)_T = \frac{u_{э2} - 0}{\Theta_{э2} - \Theta_э} = \frac{2,34 - 0}{100 - 0} = 0,23, \quad (2)$$

где  $c_m$  – удельная влагоемкость эталонного тела, г/°М;

$\partial u$  – изменение влагосодержания эталонного тела, г/г;

$\partial \Theta$  – изменение потенциала влагопереноса эталонного тела, вызванное изменением влагосодержания, °М.

Массообменные характеристики исследуемых материалов определяются по термодинамическим показателям массообменной системы «образец – эталонное тело». Если внешний массообмен этой системы исключен, то количество влаги, переносимой между ними, составит ( $\Delta M$ , г)

$$\Delta M = c_m M_o (\Theta_2 - \Theta_1), \quad (3)$$

где  $M_o$  – масса образца исследуемого материала в сухом состоянии, г;

$\Theta_1$ ;  $\Theta_2$  – потенциалы влагопереноса образца и эталонного тела, °М;

$c_m$  – влагоемкость образца, г/°М.

Метод исследования массообменных характеристик текстильных материалов на основе этой закономерности разработан Ю. В. Светловым [9]. Им же получены данные о влагоемкости материалов для изготовления обуви. Однако этот метод не получил должного развития при исследовании текстильных материалов для теплозащитной одежды. По этой причине актуальной задачей является дальнейшее развитие метода и проведение исследований массообменных характеристик разнообразных текстильных материалов.

В рамках этой задачи нами исследованы следующие образцы трикотажа для бельевых изделий (табл.). Непосредственно контактируя с телом человека, базовый слой комплекта должен эффективно поглощать пот с поверхности кожи и без задержки транспортировать его к вышележащим слоям пакета одежды.

Т а б л и ц а

Характеристика исследуемых образцов

№ образца	Волокнистый состав	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм
3	Хлопчатобумажные волокна, 100 %	Кулирная гладь	146	0,43
2	Хлопчатобумажные волокна, 100 %	Кулирная гладь	262	0,618
1	Хлопчатобумажные волокна, 50 % Лавсановые волокна, 50 %	Кулирная гладь	226	0,728

При проведении эксперимента образцы помещались в емкость с дистиллированной водой на время 60 мин ± 60 с, после чего выдерживались на воздухе в течение 60 с. Далее они располагались между слоями эталонного тела (поз. 1, рис. 1а). Полученная массообменная система (поз. 3, рис. 1б) взвешивалась ( $M_{вл-сист}$ , г) и фиксировалась грузом (поз. 5) для моделирования давления слоев в пакете одежды. Масса груза подбиралась исходя из количества слоев одежды и поверхностной плотности материалов. Изоляция массообменной системы от окружающей среды обеспечена путем ее помещения в герметично закрывающиеся пакеты (поз. 4, рис. 1).

Время контакта образца с эталонным телом подбирается по критерию достижения термодинамического равновесия между ними. Согласно предварительным результатам, оно составляет 25...40 мин для различных текстильных материалов. Для трикотажного полотна бельевого назначения это время составляло 25 мин.

В состоянии термодинамического равновесия потенциал влагопереноса эталонного тела и образца будет одинаков и составит

$$\Theta_{э2} = \frac{M_{э2}}{c_m M_{эс}}, \quad (4)$$

где  $M_{э2}$  – масса эталонного тела после контакта с образцом, г;

$c_m$  – влагоемкость эталонного тела, г/°М;

$M_{эс}$  – масса эталонного тела в сухом состоянии, г.

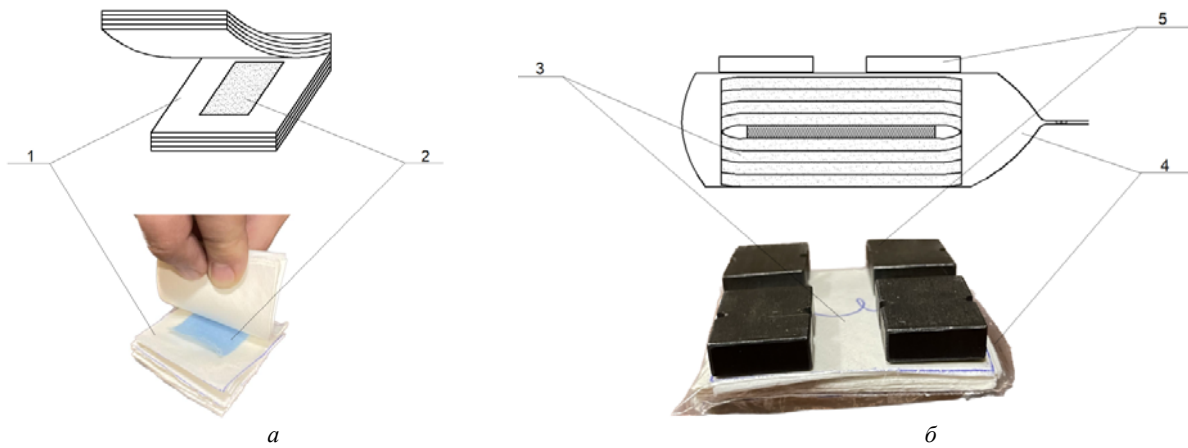
Эта величина позволяет вычислить влагоемкость исследуемого образца:

$$c_{m-o} = \frac{M_{o2}}{\Theta_{э2} M_{o1}}, \quad (5)$$

где  $M_{o2}$  – масса образца после контакта с эталонным телом, г;

$M_{o1}$  – масса образца в сухом состоянии, г.





**Рис. 1. Схема проведения экспериментальных исследований:**

а – схема размещения образца в эталонном теле; б – массообменная система, изолированная от окружающей среды;

1 – пачка эталонного тела; 2 – исследуемый образец;

3 – массообменная система; 4 – герметично закрывающийся пакет; 5 – груз

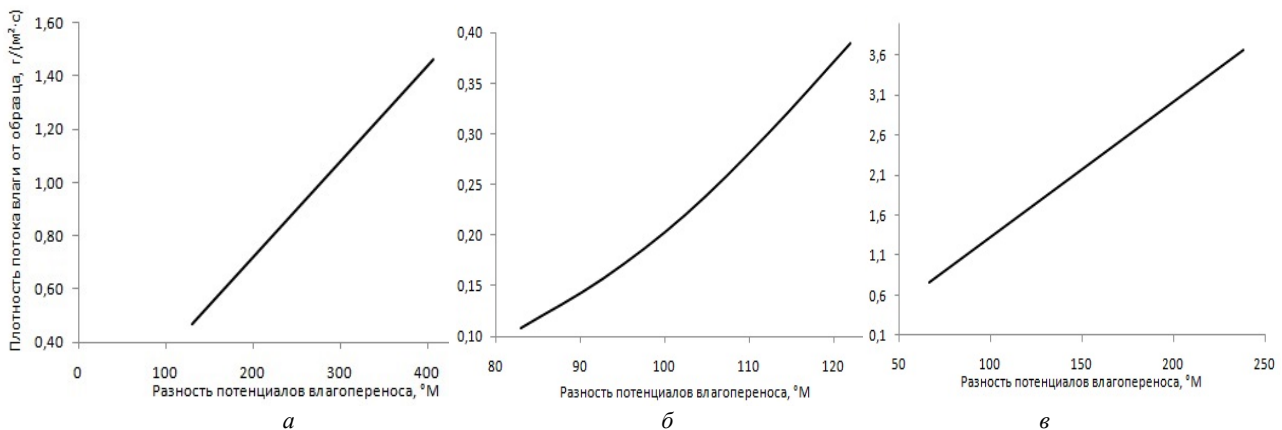
Влагоемкость исследованных образцов составила:  $c_{m-o_1} = 0,015 \text{ г/}^\circ\text{М}$ ;  $c_{m-o_2} = 0,028 \text{ г/}^\circ\text{М}$ ;  $c_{m-o_3} = 0,03 \text{ г/}^\circ\text{М}$ . Эти данные позволяют прогнозировать процессы влагоотдачи исследованных образцов в структуре пакета одежды.

Для этого определим границы диапазона потенциала влагопереноса, соответствующего влажному состоянию образца. В качестве нижней границы примем величину, рассчитанную для влагосодержания образца в гигроскопическом состоянии, которое получено по ГОСТ Р 57876–2017 [10]. В качестве верхней границы потенциала влагопереноса примем значение, определенное для максимального влагосодержания образца после выдерживания в дистиллированной воде в свободном состоянии в течение  $25 \text{ мин} \pm 60 \text{ с}$ .

Если предположить, что вышележащие слои пакета материалов не насыщены влагой, разность потенциалов влагопереноса между бельевым и промежуточными слоями равна потенциалу образца. Это позволяет определить

величину массы влаги, отдаваемой образцом при рассматриваемой разности потенциалов влагопереноса (уравнение (3)). Учитывая площадь образца, а также время его контакта с эталонным телом в эксперименте, можно получить зависимость между плотностью потока влаги и разностью потенциалов влагопереноса (рис. 2).

Согласно проведенным расчетам, при сопоставимой с аналогичными величиной влагоемкости, образец № 2 поглощает гораздо больше влаги, благодаря чему в его структуре формируются более высокие потенциалы влагопереноса. Прогнозируемая плотность потока влаги от образца № 2 к расположенным выше слоям пакета материалов также будет существенно выше. Таким образом, бельевое изделие из этого полотна будет своевременно поглощать влагу на поверхности тела человека, но в то же время высокое влагосодержание этого материала будет снижать эргономические показатели комплекта одежды.



**Рис. 2. Интенсивность влагоотдачи рассмотренных образцов:**

а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3

Представленный метод, основанный на термодинамической аналогии между процессами переноса тепла и влаги, позволяет исследовать массообменные характеристики текстильных материалов, а также является базой для

расчета интенсивности влагообмена в системе контактирующих текстильных материалов (например, пакетов одежды) с использованием достаточно простых термодинамических соотношений.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Haghi A. K. Heat & Mass Transfer in Textiles. Montreal, 2019. 133 p.
2. Ольшанский А. И., Котов А. А. Тепломассоперенос в процессе конвективной сушки тонких плоских влажных материалов // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2020. № 1(38). С. 79–90.
3. Процессы сушки и термовлажностной обработки в текстильной и легкой промышленности / М. Г. Балыхин, К. Э. Разумеев, М. К. Кошелева, А. А. Захарова // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе : сб. науч. ст. Первых Международных Лыковских научных чтений (Москва, 22–23 сентября 2015 г.). Курск : Университетская книга, 2015. С. 193–204.
4. Gibson P. W., Charmchi M. Modeling convection/diffusion processes in porous textiles with inclusion of humidity-dependent air permeability // International Communications in Heat and Mass Transfer. 1997. Vol. 24(5). P. 709–724.
5. Ghali K., Ghaddar N., Jones B. Empirical Evaluation of Convective Heat and Moisture Transport Coefficients in Porous Cotton Medium // Journal of Heat Transfer. 2002. Vol. 124(3). P. 530–537.
6. Gibson P. W. Modeling Heat and Mass Transfer from Fabric-Covered Cylinders // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2009. Vol. 4(1). P. 1–8.
7. Haghi A. K. Mechanism of heat and mass transfer in moist porous materials // Jurnal Teknologi. 2002. Vol. 36(F). P. 1–14.
8. Лыков А. В. Теория сушки. М. : Энергия, 1968. 472 с.
9. Светлов Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности // М. : Академия, 2006. 272 с.
10. ГОСТ Р 57876–2017. Материалы текстильные. Метод определения гигроскопичности. М. : Стандартинформ, 2017. 7 с.

#### REFERENCES

1. Haghi A. K. Heat&MassTransferinTextiles. Montreal. 2019. 133 p.
2. Olshansky A. I., Kotov A. A. Heat and mass transfer in the process of convective drying of thin flat wet materials. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Vitebsk State Technological University]. 2020;1(38):79–90. (In Russ.)
3. Balykhin M. G., Razumeev K. E., Kosheleva M. K., Zakharova A. A. Processes of drying and thermal and moisture treatment in the textile and light industry. Actual problems of drying and thermal and moisture treatment of materials in various industries and agro-industrial complex. Collection of scientific articles of the First International Lykovsky scientific readings. Kursk, Universitetskaya kniga Publ., 2015. P. 193–207. (In Russ.)
4. Gibson P. W., Charmchi M. Modeling convection/diffusion processes in porous textiles with inclusion of humidity-dependent air permeability. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 1997;24(5):709–724.
5. Ghali K., Ghaddar N., Jones B. Empirical Evaluation of Convective Heat and Moisture Transport Coefficients in Porous Cotton Medium. *Journal of Heat Transfer*. 2002;124(3):530–537.
6. Gibson P. W. Modeling Heat and Mass Transfer from Fabric-Covered Cylinders. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2009;4(1):99–107.
7. Haghi A. K. Mechanism of heat and mass transfer in moist porous materials. *Jurnal Teknologi*. 2002;36(F):1–14.
8. Lykov A. V. Theory of drying. Moscow, Energy Publ., 1968. 472 p. (In Russ.)
9. Svetlov Yu. V. Thermohumidity processes in materials and products of light industry. Moscow, Academy Publ., 2006. 272 p. (In Russ.)
10. *GOST R 57876–2017. Materialy tekstil'nye. Metod opredeleniya gigroskopichnosti* [State Standart 57876–2017. Textile materials. Method for determining hygroscopicity]. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 7 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.01.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

Научная статья

УДК 677

EDN LSIQUH

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14

**Марина Владимировна Антонова**

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

marisha.10@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7313-7804>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИСТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ КОЛЛОИДНЫМИ СОСТАВАМИ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ**

**Аннотация.** В статье приводится краткий обзор применения наночастиц металлов в текстильной промышленности, описываются их свойства и области применения. Даны определения понятий электризуемости, электростатического поля, плотности электрического заряда. Обосновано применение обработки тканей полиуретановой дисперсией и наночастицами металлов в технологических процессах отделки текстильных материалов. Объектами исследования выступают образцы хлопчатобумажной ткани с добавлением синтетических волокон, коллоидные растворы наночастиц серебра и наночастиц меди, водная полиуретановая дисперсия. Изучены антистатические свойства тканей. Измерена напряженность электростатического поля образцов на приборе СТ-01, рассчитана плотность электрического заряда по значениям напряженности. Экспериментально установлено, что обработка тканей растворами наночастиц металлов способствует снижению напряженности их электростатического поля до 65 %, в сравнении с исходными образцами. Отмечено, что обработка тканей полиуретановой дисперсией в сочетании с наночастицами меди не придает явных антистатических свойств смесовым тканям.

**Ключевые слова:** коллоидные составы, наночастицы, полиуретановая дисперсия, антистатика, свойства, электрическое поле, напряженность

**Для цитирования:** Антонова М. В. Исследование антистатических свойств материалов, обработанных коллоидными составами на основе металлических наночастиц // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 10–14. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14>.

Original Article

**Marina V. Antonova**

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## **STUDY OF THE ANTISTATIC PROPERTIES OF MATERIALS TREATED WITH COLLOIDAL COMPOSITIONS BASED ON METAL NANOPARTICLES**

**Abstract.** The article provides a short overview of the application of metal nanoparticles in the textile industry, describes their properties and application's fields. The definitions of electrification, electrostatic field, electric charge density are given. The application of processing of fabrics by polyurethane dispersion and metal nanoparticles in technological processes of textile materials finishing is justified. The objects of the study are cotton fabric's samples with addition of synthetic fibres, colloidal solutions of silver and copper nanoparticles, aqueous polyurethane dispersion. The antistatic properties of the fabrics have been studied. The electrostatic field intensity of the samples was measured on the device ST-01, with the density of the electric charge calculating according to the intensity values. It has been experimentally established, that the processing of fabrics by solutions of nanoparticles of metals contributes to reduction of intensity of their electrostatic field to 65 %, compared with the initial samples. It is noted that treatment of fabrics by polyurethane dispersion in combination with copper nanoparticles gives no clear antistatic properties to the blended fabrics.

**Keywords:** colloidal compositions, nanoparticles, polyurethane dispersion, antistatic properties, electric field, strength

---

© Антонова М. В., 2023

**For citation:** Antonova M. V. Study of the antistatic properties of materials treated with colloidal compositions based on metal nanoparticles. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 10–14. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-10-14>.

Одним из современных методов придания текстильным материалам специальных свойств является обработка их наночастицами металлов. Текстильные волокна и материалы на их основе, содержащие наночастицы серебра, обладают антибактериальными свойствами [1, 2]. Помимо антибактериальных свойств, наночастицы серебра обладают высокой электропроводностью [3, 4]. Исследования влияния наночастиц серебра на изменение напряженности электростатического поля искусственных и синтетических тканей показало, что присутствие наночастиц серебра препятствует накоплению статического электричества на их поверхности [5].

В настоящее время высокий интерес для текстильной отрасли представляют наночастицы меди. Они значительно дешевле наночастиц серебра и способны заменить более дорогие благородные металлы. Кроме того, наночастицы меди быстро деградируют в условиях окружающей среды, что снижает нагрузку на экосистему [6–8]. Как и серебро, медь обладает электропроводностью и может использоваться для защиты текстильных материалов от статического электричества. Это особенно актуально в эпоху синтетических и смесовых тканей.

Наличие в смесовых тканях синтетических волокон способствует повышению их электризуемости. Электризуемость материалов связана с процессом накопления зарядов на поверхности диэлектрика. Синтетические волокна лучше удерживают электростатические заряды, так как обладают очень низкой проводимостью и низкой гигроскопичностью. Заряды, накапливаемые синтетическими волокнами, не будут рассеиваться в ткани, и их эффект будет более заметным, что может негативно сказываться на здоровье человека во время эксплуатации изделий. Волокнистым составом материала определяется плотность электрического заряда, возникающего на поверхности материала, и его удельное поверхностное электрическое сопротивление. Электризуемость текстильных материалов оценивается плотностью заряда ( $Q$ , Кл/см<sup>2</sup>) и полярностью заряда.

Электростатическое поле характеризуется напряженностью, которая определяется отношением силы, действующей в поле на точечный электрический заряд, к величине этого заряда [9].

Целью работы является изучение влияния пропитки коллоидными растворами на основе

наночастиц металлов на способность тканей смесового состава электризоваться.

В качестве объектов исследования использовали ткань состава хлопок 60 %/полиэстер 40 %; наночастицы серебра, стабилизированные неионогенным полимером (поливиниловый спирт) Ag/500/PVA/W, производство Россия; наночастицы меди, стабилизированные карбоксиметилцеллюлозой, Cu/350/СМС/W, производство Россия; полиуретановую дисперсию на водной основе.

Для исследования изменений напряженности электростатического поля текстильных материалов проводили испытания по ГОСТ 32995–2014. Измерения проводили прибором СТ-01. Измеритель СТ-01 предназначен для измерений напряженности электростатического поля при обеспечении контроля опасных уровней электростатических полей. Плотность заряда  $\delta$ , Кл/м<sup>2</sup> рассчитывали по значениям напряженности электростатического поля образцов. Наличие наночастиц металлов на поверхности материала оценивали с помощью цифрового микроскопа Levenhuk Discovery Atto Polar, производство Китай.

Для исследований готовились две партии образцов. Первая партия обрабатывалась коллоидными растворами на основе наночастиц серебра и наночастиц меди. Параллельно исследовалась партия образцов тканей, обработанных растворами наночастиц металлов с добавлением водной полиуретановой дисперсии. Концентрация растворов наночастиц серебра и наночастиц меди принималась одинаковой.

Пропитка образцов проводилась в одинаковых условиях, при постоянном перемешивании: температура раствора 40...50 °С, время обработки 60 мин.

Оценки наличия агломератов наночастиц серебра или меди на поверхности нитей смесовой ткани проводили методом оптической микроскопии (рис. 1).

Как можно наблюдать на рис. 1а, на поверхности нитей присутствуют вкрапления металлических частиц в структуре полотна. Увеличивающая способность оптической микроскопии не позволяет увидеть сами наночастицы, но отчетливо видны их агломераты. Обработка ткани наночастицами совместно с полиуретановой дисперсией позволяет в некоторой степени закрепить наночастицы на поверхности волокон. На фото (см. рис. 1б) видно, что на поверх-

ности нитей также присутствуют следы дисперсии и агломераты наночастиц. Распределяясь на поверхности текстильного материала, полиуретановая дисперсия, благодаря своим свойствам, способствует закреплению и распределению частиц металлов по поверхности волокон. Это в свою очередь может способствовать получению текстильных материалов со специальными свойствами.

После пропитки и высушивания производились замеры напряженности электростатического поля испытываемых и исходных образцов смесовых тканей.

Полученные в ходе исследования результаты напряженности электростатического поля испытываемых образцов ткани представлены на рис. 2.

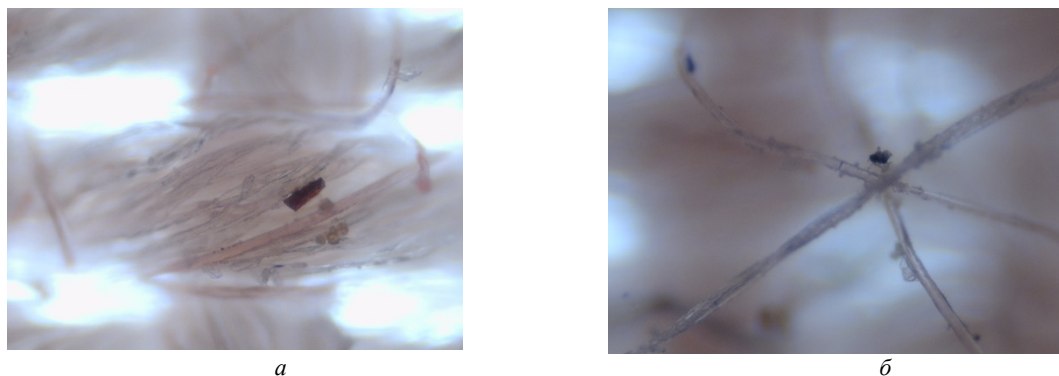


Рис. 1. Результаты оптической микроскопии поверхности ткани после пропитки составами,  $\times 100$ : а – наночастицами серебра; б – наночастицами серебра и полиуретановой дисперсией

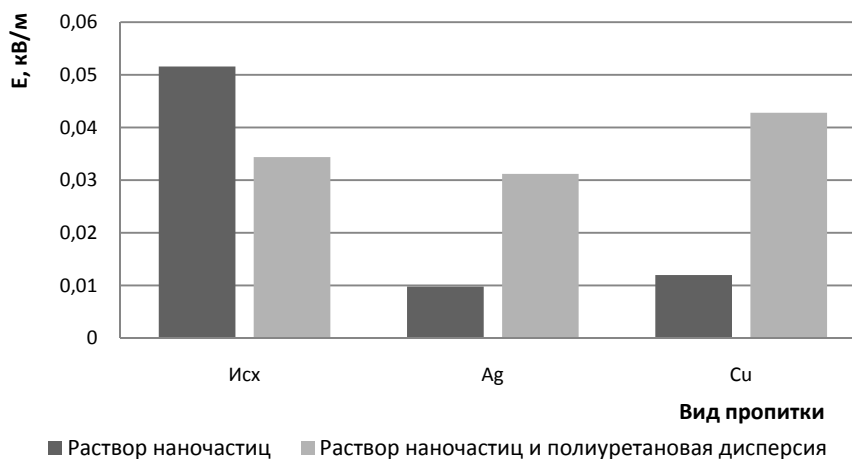


Рис. 2. Напряженность электростатического поля образцов смесовой ткани с разными видами пропиток

Согласно ГОСТ 32995–2014, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля на поверхности текстильных материалов и изделий из них не должен превышать 15 кВ/м. Как видно из рис. 2, предельно допустимый уровень напряженности не превышен. У образцов, обработанных наночастицами серебра, напряженность электростатического поля снижается. По данным, представленным на рис. 2, видно, что обработка смесовой ткани составами с наночастицами меди также снижает уровень напряженности электростатического поля на поверхности материала. Наличие наночастиц металлов на поверхности текстильных материалов способствует рассеянию зарядов

в ткани, и вследствие этого их электризуемость снижается.

Обработка тканей полиуретановой дисперсией несколько повышает напряженность электростатического поля смесовой ткани, но она остается ниже, чем у исходного образца. Полиуретановые водные дисперсии проявляют диэлектрические свойства, в то время как наночастицы металлов являются хорошими проводниками. Нанесение полиуретановой дисперсии на поверхность смесовой ткани привело к снижению гигроскопичности и влажности хлопковых нитей и волокон. Вследствие этого собственные электропроводящие свойства хлопковых волокон снижаются и напряженность электро-

статического поля ткани повышается. Однако концентрация полиуретановой дисперсии в растворе незначительна и электропроводящие свойства металлов не блокируются, и значения напряженности электростатического поля остаются ниже, чем у исходных образцов. Это может быть связано с особенностями многослойных структур, сочетающих электропроводящие и диэлектрические слои. Данный эффект наблюдается в работе с ламинированием полиэфирной ткани полиэтиленовыми пленками с последующим нанесением медного покрытия, где образцы ткани также не проявляют явных антистатических свойств [10].

Способность ткани электризоваться оценивалась по показателю плотности электрического заряда. Данный показатель рассчитывался на основе значений напряженности электростатического поля испытываемых текстильных материалов. Результаты расчета приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, образцы, обработанные наночастицами серебра, имеют меньшую плотность заряда на их поверхности, в сравнении с исходными. Чем меньше плотность заря-

да, тем меньше будет электризоваться поверхность текстильного материала. В случае пропитки испытываемых тканей наночастицами меди и полиуретановой дисперсией наблюдается незначительное повышение плотности заряда на поверхности материалов, связанное с увеличением напряженности электростатического поля образцов смесовых тканей.

#### ВЫВОД

В ходе работы изучено влияние обработки коллоидными системами на основе металлических наночастиц на способность текстильных материалов противостоять накоплению статического заряда на поверхности. Установлено, что обработка смесовых тканей наночастицами металлов способствует снижению плотности заряда на их поверхности до 65 %, по сравнению с необработанными образцами. Кроме того, показано, что совмещенная обработка тканей наночастицами металлов и полиуретановой дисперсией приводит к некоторому снижению антистатических свойств материалов.

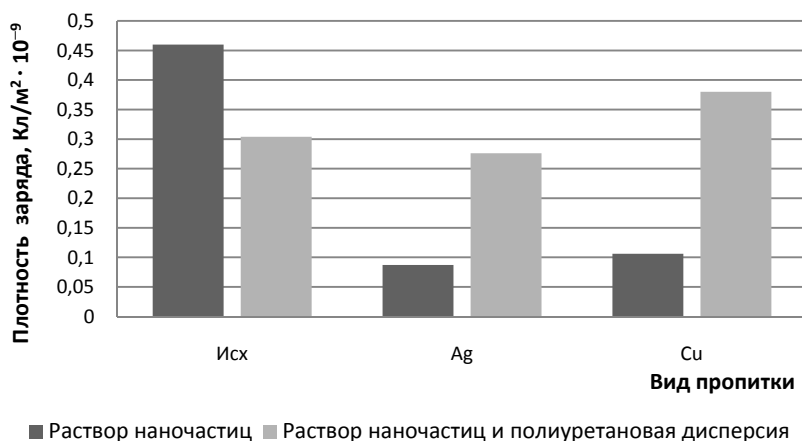


Рис. 3. Плотность электрического заряда образцов смесовой ткани с разными видами пропиток

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Антонова М. В., Илюшина С. В., Красина И. В. Методы придания антибактериальных свойств текстильным волокнам. Обзор // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, вып. 18. С. 56–61.
2. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра / А. Ю. Киселева, И. А. Шушина, О. В. Козлова, Ф. Ю. Телегин // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 12, вып. 2. С. 110–112.
3. Ма Сяоле, Чжэн Кэли, Чэнь Инхао. Свойства, применения и методы получения наносеребра // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19414>. (дата обращения: 09.03.2023).
4. Electrical conductivity of silver nanoparticle doped carbon nanofibres measured by CS-AFM / Wael Ali et al. // RSC Adv. 2019. No 9. P. 4553–4562.
5. Юсупова Г. Р., Шарафутдинов Р. Э., Антонова М. В. Изучение влияния наночастиц серебра на электризуемость подкладочных тканей // Новые технологии и материалы легкой промышленности / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. С. 255–257.

6. Ржеусский С. Э., Авчинникова Е. А., Воробьева С. А. Нанодиагностика и антимикробные свойства наночастиц меди // Вестник фармации. 2014. № 3(65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanodiagnostika-i-antimikrobnye-svoystva-nanochastits-medi> (дата обращения: 09.03.2023).
7. Таусарова Б. Р., Рахимова С. М. Целлюлозные текстильные материалы с антибактериальными свойствами, модифицированные наночастицами меди // Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 163–169.
8. Югова И. С., Кузнецов А. В. Сравнительный анализ свойств меди в нано- и микроструктурах // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14281> (дата обращения: 14.03.2023).
9. Шакурова Ч. М., Богданова В. И. Влияние волокнистого состава на электризуемость текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 65–66.
10. Исследование антистатических свойств волокнистых материалов с вакуумно-плазменными покрытиями / Д. А. Хайруллово [и др.] // Газоразрядная плазма и синтез наноструктур : сб. тр. III Международн. конф. (г. Казань, 1–4 декабря 2022 г.). Казань : Бук, 2022. С. 238–243.

## REFERENCES

- 1 Antonova M. V., Ilyushina S. V., Krasina I. V. Methods of imparting antibacterial properties to textile fibres. Overview\* *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of Kazan Technological University]. 2014;17,18:56–61. (In Russ.)
- 2 Kiseleva A. Yu., Shushina I. A., Kozlova O. V., Telegin F. Yu. Bactericide textiles on the basis of bioactive preparations and nanosilver. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2011;12,2:110–112. (In Russ.)
- 3 Ma Xiaole, Zheng Keli, Chen Yinghao Properties, applications and methods of obtaining nano-silver. *Setevoe izdanie: Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Research Bulletin]. 2018;6. (In Russ.). URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19414>. (Accessed: 09.03.2023).
- 4 Wael Ali, et al. Electrical conductivity of silver nanoparticle doped carbon nanofibres measured by CS-AFM. *RSC Adv*, 2019;9:4553–4562.
- 5 Yusupova G. R., Sharafutdinov R. E., Antonova M. V. Study of the effect of silver nanoparticles on the electrifiability of linings\* *Novye tekhnologii i materialy legkoj promyshlennosti* [New light industry technologies and materials]. Kazan, Kazan. St. Technol. Univ. Publ. 2022;255–257. (In Russ.)
- 6 Rzhusskij S. E., Avchinnikova E. A., Vorob'eva S. A. Nanodiagnosics And Antimicrobial Properties of Copper Nanoparticles. *Vestnik farmacii* [Bulletin of Pharmacy]. 2014;3(65). (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanodiagnostika-i-antimikrobnye-svoystva-nanochastits-medi> (Accessed: 09.03.2023).
- 7 Taussarova B. R., Rakhimova S. M., Cellulosic Textile Materials With Antibacterial Properties Modified With Copper Nanoparticles. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ja* [Raw plant chemistry]. 2018;1:163–169. (In Russ.)
- 8 Yugova I. S., Kuznecov A. V. Comparative Analysis Of Copper Properties In Nano- And Microstructures\* *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Research Bulletin]. 2015;6. (In Russ.). URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14281> (Accessed: 09.03.2023).
- 9 Shakurova Ch. M., Bogdanova V. I. Influence of fibre composition on the electrifiability of textile materials\*. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013;10:65–66. (In Russ.)
- 10 Hajrullovo D. A., Karimov K. N., Voznesenskij E. F., Karnouhov A. E., Timoshina Yu. A., Grebenshchikova M. M., Antonova M. V., Zhelonkin Ya. O., Kogogin E. A. Investigation of the antistatic properties of fibre materials with vacuum-plasma coatings\*. *III Mezhdunarodnaya konferenciya "Gazorazryadnaya plazma I sintez nanostruktur"* [III International Conference on Gas Discharge Plasma and Synthesis of Nanostructures]. Kazan, Buk Publ., 2022. P. 238–243. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 31.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023

---

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

# ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Научная статья

УДК 677.03:504.05

EDN GVFBNW

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-15-19

Алексей Михайлович Щепочкин<sup>1</sup>

Юлия Алексеевна Щепочкина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

<sup>1</sup> alexeyshchepochkin@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0008-0530-8350>

<sup>2</sup> julia2004ivanovo@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6792-8239>

## САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЛЬНОЗАВОДОВ

**Аннотация.** Приведены данные по состоянию воздушной среды льнозаводов за длительный период. Отмечено, что в исследованиях, проведенных в 30–70-е годы прошлого века, основным вредным производственным фактором в рабочих помещениях льнозаводов является пыль. Однако пыль – это только один из показателей санитарно-гигиенической характеристики воздушной среды льнозаводов. Поскольку уровень комбайновой уборки льна к 1979 г. достиг 90 % и ухудшилось качество льнопродукции, назрела необходимость проведения комплексных исследований санитарно-гигиенической характеристики воздушной среды на льнозаводах. Такие исследования были проведены на четырех белорусских льнозаводах (Дзержинский, Воложинский, Слонимский, Несвижский) в 1980–1981 гг. Комплексные исследования предусматривали оценку состояния воздушной среды в рабочих помещениях по следующим показателям: температурно-влажностный режим, подвижность воздуха, запыленность, присутствие микроорганизмов, наличие запахов. Поскольку эти исследования были проведены уже после практически полного перехода на комбайновую уборку льна, они могут представлять существенный интерес для сравнения показателей с данными, имеющимися на современных льнозаводах, оснащенных иным технологическим оборудованием. Подобных комплексных исследований при использовании сырья комбайновой уборки на стланцевых и моченцовых льнозаводах в последующие годы не проводилось.

**Ключевые слова:** льнозавод, воздушная среда, санитарно-гигиеническая характеристика, комплексные исследования, пыль, микроорганизмы, запахи

**Для цитирования:** Щепочкин А. М., Щепочкина Ю. А. Санитарно-гигиеническая характеристика воздушной среды льнозаводов // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 15–19. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-15-19>.

Original article

Alexey M. Shchepochkin

Julia A. Shchepochkina

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russia

## SANITARY AND HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE AIR ENVIRONMENT AT FLAX PLANTS

**Abstract.** Data on the state of the air environment at flax plants for a long period are given. It is noted that in studies conducted in the 30–70s of the last century, the main harmful production factor in the working rooms of flax mills is dust. However, dust is only one of the indicators of the sanitary and hygienic characte-

© Щепочкин А. М., Щепочкина Ю. А., 2023



*ristics of the air environment of flax plants. Since the level of combine harvesting of flax reached 90 % by 1979 and the quality of flax products deteriorated, there was a need for comprehensive studies of the sanitary and hygienic characteristics of the air environment at flax plants. Such studies were carried out at four Belarusian flax mills (Dzerzhinsky, Volozhinsky, Slonimsky, Nesvizhsky) in 1980–1981. Comprehensive studies provided for the assessment of the state of the air environment in the working rooms according to the following indicators: temperature and humidity conditions, air mobility, dustiness, the presence of microorganisms, the presence of odors. Since these studies were conducted after the almost complete transition to combine harvesting of flax, they may be of considerable interest for comparing the indicators with the data available at modern flax mills equipped with other technological equipment. In subsequent years, such comprehensive studies were not carried out at flax mills using raw materials after combine harvesting.*

**Keywords:** *flax plant, air environment, sanitary and hygienic characteristics, complex research, dust, microorganisms, smell*

**For citation:** Shchepochkin A. M., Shchepochkina Ju. A. Sanitary and hygienic characteristics of the air environment at flax plants. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 15–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-15-19>.

За время существования промышленности первичной обработки льна в нашей стране неоднократно проводились научно-исследовательские работы, направленные на изучение воздушной среды льнозаводов. Впервые соответствующие исследования были выполнены Н. Д. Розенбаумом в 1933 г., в них отмечалась повышенная запыленность воздуха на предприятиях первичной обработки льна [1]. В 1936 г. Д. Л. Израиловичем были опубликованы данные о запыленности воздушной среды на льнозаводах, имеющих оборудование с вентиляционными устройствами для удаления пыли (ее содержание в воздухе изменялось от 81 до 203 мг/м<sup>3</sup>) [2]. Позднее, в 1953 г. в работе [3], выполненной под общим руководством Г. Н. Смирнова, появились данные о запыленности воздуха на льнозаводах, которые существенно отличались от показателей [2], так как в большинстве замеров концентрации пыли не превышали 50 мг/м<sup>3</sup>. В 1961–1962 гг. изучалась дисперсность льняной пыли, содержание в ней минеральных веществ и свободной двуокиси кремния. Была установлена высокая дисперсность пыли и присутствие в ней до 30 % кварца [4, 5]. Большая работа по изучению пылевого фактора на льнозаводах была также проведена Н. И. Шумариной в 1963–1964 гг. При исследовании запыленности воздуха на трех льнозаводах при различных технологических операциях приготовления короткого и длинного волокна из моченцовой и стланцевой тресты было установлено, что содержание пыли в воздухе рабочей зоны изменяется от 3,5 до 220 мг/м<sup>3</sup>. При этом основную массу льняной пыли (от 81 до 86 %) составляли частицы размером до 3,75 мкм [6]. В последующее десятилетие подобные исследования на льнозаводах практически не проводились. В 1974 г. В. А. Толстиком были представлены ценные

данные по запыленности воздушной среды и рекомендации по улучшению условий труда на колхозных мяльно-трепальных пунктах [7].

Естественно, что материалы научных исследований 30–70-х годов прошлого века в настоящее время устарели, так как изменились способы уборки и расстила льна, используемое технологическое оборудование. В 1979 г. уровень комбайновой уборки льна достиг 90 %. Вместе с тем ухудшилось качество льнопродукции. В период 1980–1981 гг. под общим руководством и при непосредственном участии автора данной статьи А. М. Щепочкина была проведена научно-исследовательская работа, касающаяся комплексных исследований воздушной среды на четырех белорусских льнозаводах (Дзержинский, Воложинский, Слонимский, Несвижский). Поскольку эти исследования были проведены уже после практически полного перехода на комбайновую уборку льна, они могут представлять существенный интерес для сравнения показателей с данными, имеющимися на современных льнозаводах, оснащенных иным технологическим оборудованием.

Температурно-влажностный режим в цехах льнозаводов изучался как в холодное, так и в теплое время года. На предприятиях, перерабатывающих стланцевую льнотресту (Воложинский и Несвижский), температура воздуха в рабочих помещениях прежде всего зависела от температуры наружного воздуха. Было отмечено, что в холодное время года температура в помещениях составляла от 3 до 4 °С (при отсутствии отопления), а в теплое время года – от 14 до 30,8 °С. При переработке моченцовой льнотресты температура воздуха в рабочих помещениях льнозаводов (Дзержинский и Слонимский) в холодное время года находилась в пределах от 22,4 до 33 °С, а в теплое время

года – от 19 до 31,4 °С (на всех участках, кроме сортировочного), что было связано с наличием значительных источников тепловыделений (ванны тепловой мочки, сушильные машины). Относительная влажность воздуха находилась в пределах от 20 до 75 %. Минимальные и максимальные значения скорости (подвижности) воздуха составляли: в цехах тепловой мочки и сушки льна 0,1...0,5 м/с; в цехах сухой обработки льна 0,1...0,5 м/с (на линиях длинного волокна) и 0,2...0,5 м/с (на линиях короткого льноволокна); в помещениях волокно-отделительных машин, на участках прессования 0,2...0,4 м/с.

При исследовании воздуха рабочих помещений на запыленность было выявлено, что

максимальное пылевыведение характерно для процесса обработки стланцевой тресты (средние значения 58,4 мг/м<sup>3</sup> на линиях приготовления длинного волокна и 65,4 мг/м<sup>3</sup> на линиях короткого волокна). Основными источниками пылевыведения в процессе приготовления длинного волокна являлись: выходное отверстие сушильной машины (рис. 1), ручная операция раскладки тресты после сушильной машины, слоеформирующий механизм, мяльная и трепальная (рис. 2) машины. На линиях приготовления короткого волокна основными источниками выделения пыли были: трясильные машины, колковый питатель, а также операции загрузки волокна в пресс.



Рис. 1. Вынос пыли и частиц костры у открытого выходного отверстия сушильной машины



Рис. 2. Вынос пыли и частиц костры из-под укрытия у трепальной машины

В воздухе рабочей зоны на льнозаводах присутствовала пыль, в состав которой входили как органические, так и неорганические вещества. Содержание последних изменялось от 12,2 до 74,1 %. Состав пыли, выделяющейся на начальных стадиях процессов приготовления длинного и короткого льняного волокна, в значительной степени определялся видом перерабатываемого сырья: при переработке стланцевой тресты образовывалась пыль, содержащая до 72,9 % неорганических веществ; при обработке моченцовой тресты – до 53 %. Видимо, в процессе мочки льносолома освобождалась от части неорганических веществ (почва). Содержание свободной двуокиси кремния изменялось в широких пределах, при этом количество кварца в пыли уменьшалось при переходе от начальных операций технологического процесса к конечным: на линиях длинного волокна – в 2,3...4,9 раза и на линиях короткого волокна – в 1,2...4,3 раза. Наибольшее содержание двуокиси кремния в воздухе рабочих помещений отмечалось при переработке стланцевой тресты (до 57,5 %), минимальное при обработке моченцовой тресты (до 27,8 %). Пыль, загрязняющая воздух рабочей зоны на льнозаводах, состояла преимущественно из мелких частиц, размеры которых не превышали 4 мкм. Эта фракция составляла от 50,3 до 90,3 % исследуемой пыли. На линиях приготовления короткого волокна пыль содержала несколько больше частиц размером до 4 мкм (от 69,6 до 90,2 %), чем на линиях длинного волокна (от 50,3 до 90,3 %). По ходу технологических процессов дисперсность пыли увеличивалась.

Запыленность воздуха рабочих помещений связана с его микробной загрязненностью. По общей обсемененности она колебалась от 7,5 тыс. до 475,3 тыс. колоний/м<sup>3</sup>. Плесневой микрофлоры было выделено от 5,1 тыс. до 119,4 тыс. колоний/м<sup>3</sup>. Высокие показатели были отмечены и в отношении кокковой микро-

флоры от 160 тыс. до 3360 тыс. колоний/м<sup>3</sup>. С увеличением запыленности воздуха возрастало содержание в нем бактерий, плесневых грибов. Однако строгой закономерности в этом не выявлено.

В процессе мочки и регенерации мочильной жидкости образуются и переходят в атмосферу помещений моченцовых льнозаводов метан, аммиак, сероводород, окислы азота, углекислота и другие газы, а также пары летучих органических кислот (масляной, уксусной, муравьиной, пропионовой) [8]. Эти газы и пары обладают специфическим неприятным запахом сложного состава. Запахи моченцовых заводов рассматривались как загрязнители воздуха. При контроле запахов такого рода можно использовать пороговые концентрации отдельных веществ [9]. Например, порог запаха уксусной кислоты (запах кислый) в воздухе соответствует концентрации 1 млн<sup>-1</sup> (число частей вещества на миллион частей смеси воздуха и вещества по объему), порог запаха аммиака (запах острый) – концентрации 46,8 млн<sup>-1</sup>, порог запаха сероводорода (запах тухлых яиц) – концентрации 0,00047 млн<sup>-1</sup>.

Таким образом, температурно-влажностный режим, подвижность воздуха, запыленность, присутствие микроорганизмов, наличие запахов нельзя рассматривать как явления, безразличные для работающих. К сожалению, подобных комплексных исследований при использовании сырья комбайновой уборки на стланцевых и моченцовых льнозаводах в последующие годы и до настоящего времени не проводилось. Можно лишь отметить малочисленные работы, посвященные оценке загрязненности воздушной среды и сырья льнозаводов, в частности [10, 11]. Вместе с тем санитарно-гигиеническая характеристика воздушной среды должна быть предметом внимания при проектировании и строительстве новых, реконструкции существующих льнозаводов, выборе технологического оборудования.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Розенбаум Н. Д. Гигиена труда в текстильной промышленности. Лекция 2–4. М.-Л. : Гос. соц.-экон. изд-во, 1933. С. 69–73.
2. Израйлович Д. Л. Профессиональные вредности и опасности на заводах первичной обработки льна // Гигиена и санитария. 1936. № 3. С. 47–54.
3. Смирнов Г. Н., Зайчикова В. А., Кутанин А. Ф. Техника безопасности и промышленная санитария на льнозаводах. М. : Гизлегпром, 1953. 116 с.
4. Бакалинская Е. Д. Некоторые вопросы гигиены труда на льно- и пенькозаводах // Врачебное дело. 1961. № 12. С. 117–121.
5. Соколова А. В. Гигиеническая характеристика условий труда на льнозаводах Псковской области // Гигиена и санитария. 1962. № 7. С. 51–54.

6. Шумарина Н. И. Пылевой фактор и профилактические противопылевые меры на предприятиях, производящих и перерабатывающих хлопковые и льняные волокна : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1968. 21 с.
7. Толстикова В. А. Запыленность стала ниже // Лен и конопля. 1974. № 10. С. 33.
8. Голубев В. А. Установки вентиляции в помещениях тепловой мочки // Лен и конопля. 1979. № 2. С. 30–31.
9. Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха. Источники и контроль / пер. с англ. под ред. Е. Н. Теве-ровского. М. : Мир, 1980. 539 с.
10. Щепочкин А. М., Гараско Е. В. Об отборе проб воздуха на бактериальную обсемененность в труднодоступных местах // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., 24–27 мая 1999 г. (Прогресс-99) / М-во образования РФ, Иван. гос. текст. акад. Иваново : Изд-во ИГТА, 1999. Ч. 1. С. 133.
11. Гараско Е. В., Щепочкин А. М. Об оценке микробной обсемененности текстильного сырья, полуфабриката, отходов и пыли // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. № 2. С. 131–134.

## REFERENCES

1. Rozenbaum N. D. Occupational hygiene in the textile industry\*. Lecture 2–4. Moscow-Leningrad, State Social-Economic Publ., 1933. P. 69–73. (In Russ.)
2. Izrailovich D. L. Occupational hazards and hazards at flax primary processing plants\*. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. 1936;3:47–54. (In Russ.)
3. Smirnov G. N., Zaichikova V. A., Kutanin A. F. Safety and industrial sanitation at flax plants\*. Moscow, Gizlegprom Publ., 1953. 116 p. (In Russ.)
4. Bakalinskaya E. D. Some questions of occupational hygiene at flax and hemp factories\*. *Vrachebnoe delo* [Medical business]. 1961;12:117–121. (In Russ.)
5. Sokolova A. V. Hygienic characteristics of working conditions at flax mills of the Pskov region\*. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. 1962;7:51–54. (In Russ.)
6. Shumarina N. I. Dust factor and preventive anti-dust measures at enterprises producing and processing cotton and linen fibers\*: abstract of the diss. ... cand. biol. science. Moscow, 1968. 21 p. (In Russ.)
7. Tolstikov V. A. Dustiness has become lower\*. *Len i konoplya* [Flax and hemp]. 1974;10:33. (In Russ.)
8. Golubev V. A. Ventilation installations in the premises of the heat lobe\* *Len i konoplya* [Flax and hemp]. 1979;2:30–31. (In Russ.)
9. Wark K., Warner C. Air pollution: Its origin and control. Translated from English. E. N. Teverovsky (ed.). Moscow, Mir Publ., 1980. 539 p. (In Russ.)
10. Shchepochkin A. M., Garasko E. V. About sampling of air for bacterial contamination in hard-to-reach places\*. *Ob otbore prob vozduha na bakterial'nyu obsemenennost' v trudnodostupnyh mestah* [Modern high-tech technologies and promising materials of textile and light industry: collection of articles of International Scientific and Technical. conf., May 24–27, 1999 (Progress-99)]. Ivanovo, Ivan. St. Text. Acad. Publ., 1999. Part 1. P. 133. (In Russ.)
11. Garasko E. V., Shchepochkin A. M. On the assessment of microbial contamination of textile raw materials, semi-finished products, waste and dust\*. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2003;2:131–134. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 5.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

---

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

Научная статья

УДК 677.021

EDN MMUWAN

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-20-24

**Павел Николаевич Рудовский**<sup>1</sup>

**Ирина Сергеевна Белова**<sup>2</sup>

**Нина Сергеевна Сахарова**<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup> Московский финансово-юридический университет МФЮА, Москва, Россия

<sup>1</sup> pavel\_rudovsky@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

<sup>2</sup> belova\_irina44@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4979-6436>

<sup>3</sup> nina\_ves@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4028-0599>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА КОНТАКТОВ МЕЖДУ ВОЛОКНАМИ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПРОДУКТА ПРЯДЕНИЯ

***Аннотация.** Прочность продуктов прядения, формируемых мокрым вьюрковым способом, определяется силами адгезии, возникающими между контактирующими волокнами. Для прогнозирования прочности пряжи и ровницы, получаемых таким способом, необходимо знать количество контактов волокон в сечении продукта. Проведены исследования распределения волокон в сечении льняной ровницы, и предложена методика определения количества контактов волокон. Исходными данными являются оцифрованные изображения срезов ровницы, полученные с помощью цифрового микроскопа. После пороговой обработки изображения рассчитаны периметры и площади непрерывных участков, занимаемых сечениями волокон. Площадь одиночного волокна определяется как средняя площадь пяти наименьших участков в сечении. На основе анализа этих данных построена математическая модель зависимости числа контактов между волокнами от периметра сечения продукта прядения.*

***Ключевые слова:** прочность пряжи, прочность ровницы, адгезия волокон, силы адгезии, поперечное сечение ровницы, контактирующие волокна, прядение*

***Для цитирования:** Рудовский П. Н., Белова И. С., Сахарова Н. С. Определение числа контактов между волокнами в поперечном сечении продукта прядения // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 20–24. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-20-24>.*

Original Article

**Pavel N. Rudovskiy**<sup>1</sup>

**Irina S. Belova**<sup>2</sup>

**Nina S. Sakharova**<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup> Moscow University of Finance and Law MFUA, Moscow, Russia

## DETERMINATION OF THE NUMBER OF CONTACTS BETWEEN FIBERS IN THE CROSS SECTION OF THE SPINNING PRODUCT

***Abstract.** The strength of spinning products formed by the wet finning method is determined by the adhesion forces that arise between the contacting fibers. To predict the strength of yarn and roving obtained in this way, it is necessary to know the number of fiber contacts in the cross section of the product. Studies of the distribution of fibers in the section of linen roving have been carried out and a method for determining the number of fiber contacts has been proposed. The initial data are digitized images of roving sections obtained using a digital microscope. After threshold processing of the image, the perimeters and areas of continuous sections occupied by fiber sections were calculated. The area of a single fiber is defined as the average area of the five smallest sections in the section. Based on the analysis of these data, a mathematical model of the dependence of the number of contacts between fibers on the perimeter of the section of the spinning product was constructed.*

---

© Рудовский П. Н., Белова И. С., Сахарова Н. С., 2023

**Keywords:** *yarn strength, roving strength, fibre adhesion, adhesion forces, roving cross section, contacting fibres, spinning*

**For citation:** Rudovskiy P. N., Belova I. S., Sakharova N. S. Determination of the number of contacts between fibers in the cross section of the spinning product. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 20–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-20-24>.

Прочность льняного некрученого продукта (бескруточной ровницы, вьюрковой пряжи) обеспечивается благодаря пектинам, входящим в состав льняного волокна, т. е. силами адгезии, возникающими между волокнами. В исследовании [1] показано, что эти силы пропорциональны площади контакта между волокнами. Таким образом, для оценки прочности продукта прядения необходимо определить количество контактов между волокнами в продукте, а также длину участков скольжения соседних волокон.

Количество контактов между волокнами зависит от распределения волокон по поперечному сечению продукта прядения.

Ранее была предложена так называемая гексагональная модель распределения волокон по сечению волокнистого продукта [2]. В этой модели сечения волокон представлялись равными окружностями, плотно заполняющими шестиугольник. При таком расположении каждое волокно касается шести соседних волокон.

В исследовании [3] проведена экспериментальная проверка формул для оценки прочности ровницы, полученных на основе предложенной модели. Очевидно, что данная модель представляет сечение идеального продукта.

Отечественными учеными [4] предложена модель поперечного сечения прядильного продукта, более близкая к реальности. В ней учтено случайное расположение волокон в сечении продукта прядения, а также распределение волокон по поперечным размерам. Закон распределения волокон по сечению задается алгоритмом без учета экспериментальных данных. Полученная модель также не позволяет выявить достаточно точную зависимость прочности продукта от его структурных параметров.

В действительности поперечное сечение продукта прядения состоит из множества сечений волокон произвольной формы. Они заполняют некоторую округлую область без четко выраженных границ. Расположение волокон в поперечном сечении одиночной нити рассмотрено К. И. Корицким [5]. Проведены исследования распределения волокон по поперечным сечениям пряжи кольцевого прядения [6]. Отмечено, что в центральной части рассматриваемой области сечения волокна располагаются достаточно близко, касаясь друг друга. При удалении от

центра волокна удаляются друг от друга. Поперечное сечение бескруточной ровницы, полученной мокрым способом, имеет выраженную вытянутую форму. Это обусловлено тем, что на выходе из формирующего механизма мычка имеет форму ленточки [7] и не подвергается дальнейшему кручению. Для повышения степени адекватности модели прочности бескруточного продукта прядения необходимо изучение формы сечений и распределения волокон в них.

Были проведены экспериментальные исследования поперечных сечений продуктов прядения на примере льняной ровницы. Для проведения эксперимента были отобраны образцы крученой и бескруточной льняной ровницы линейной плотности 550 текс. Для фиксации волокон в поперечном сечении образцы пропитывались жидким парафином, а затем доводились до нормальной температуры. Из полученных образцов с помощью санного микротомы МС-2 было выполнено по 10 поперечных срезов толщиной 10...30 мкм для каждого вида ровницы.

Затем с помощью цифрового микроскопа Levenhuk 870T с увеличением объектива 4× были получены цифровые изображения. Типовые изображения полученных срезов представлены на рисунке 1.

Анализ полученных изображений показал, что наибольшая часть волокон располагается в центральной части среза. При удалении от центра количество волокон уменьшается. Определить точно границы участков, заполненных волокнами, достаточно сложно. С помощью программы Adobe Photoshop полученные цифровые изображения поперечных сечений льняной ровницы были преобразованы в монохромные изображения с целью более четкого определения границ волокон.

Соприкасаясь друг с другом, сечения волокон сливаются в единое пятно произвольного размера и формы. С помощью компьютерной программы была проведена бинаризация полученных монохромных изображений со средним пороговым значением 67. Полученное изображение состоит из пикселей, имеющих фиксированные размеры. Поэтому за основу для последующих исследований предложено взять распределение черных и белых пикселей на изображении.

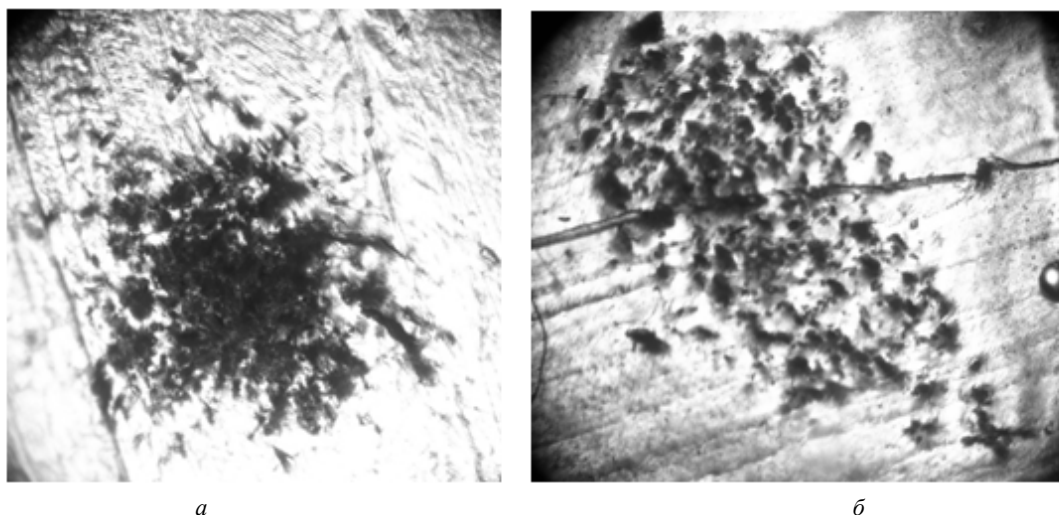


Рис. 1. Изображения поперечных срезов льняной ровницы:  
а – крученой; б – бескруточной

Обработка бинаризованных изображений проводилась с помощью специально созданной компьютерной программы. Очевидно, что черные пятна на бинаризованном изображении являются изображениями волокон и групп волокон, расположенных в контакте друг с другом. В качестве изображения одиночных волокон принимались пять темных участков, имеющих наименьшую площадь. Количество пикселей в таких пятнах принято за площадь одиночного волокна. При этом установлено, что средняя площадь одиночного волокна равна 9 пикселям. В результате анализа изображений полученных поперечных срезов было определено среднее количество волокон, входящих в состав сечения. Также с помощью программы было определено среднее количество контактирующих волокон, образующих поперечное сечение продукта прядения.

Так как изображение поперечного сечения текстильного продукта представляет собой пятно произвольной округлой формы, состоящее из контактирующих волокон, было предложено установить зависимость количества контактов волокон от площади (числа волокон) и периметра сечения (в пикселях).

Для получения данной зависимости был проведен анализ простейших моделей расположения контактирующих волокон при заданном их количестве. Так как обработка реальных изображений проводилась в пиксельной форме, а также для удобства подсчета, волокно было представлено квадратом, состоящим из  $c \times c$  пикселей.

На начальном этапе была рассмотрена простейшая модель сечения, представляющая собой цепочку из сечений волокон длиной  $nc$

пикселей, где  $n$  – количество контактирующих волокон, образующих сечение продукта прядения. С целью установления зависимости количества контактов между волокнами от площади и периметра полученного сечения модель усложнялась путем сложения модельного продукта. На каждом этапе изменения модели сечения производился подсчет периметра и количества контактов между волокнами. В результате были получены формулы (1), (2), выражающие зависимость периметра сечения  $P$ , а также количества контактов  $Z$  от количества сложений  $N$ :

$$P = \frac{2nc + 2N^2c}{N}, \quad (1)$$

$$Z = \frac{(2N - 1)nc - N^2c}{Nc}. \quad (2)$$

Исключив из этих выражений  $N$  – число сложений, получили зависимость  $Z(P)$ :

$$Z(P) = \frac{8nc(P \pm \sqrt{P^2 - 16nc^2}) - 16nc^2}{4c(P \pm \sqrt{P^2 - 16nc^2})} - \frac{(P \pm \sqrt{P^2 - 16nc^2})^2}{4c(P \pm \sqrt{P^2 - 16nc^2})}. \quad (3)$$

Анализ полученной формулы показал, что при выборе знака « $\pm$ » она не имеет физического смысла. Поэтому в качестве математической модели, позволяющей определить число контактов между волокнами продукта прядения в зависимости от числа волокон и периметра его поперечного сечения, была принята следующая формула:

$$Z(P) = \frac{8nc(P + \sqrt{P^2 - 16nc^2}) - 16nc^2}{4c(P + \sqrt{P^2 - 16nc^2})} - \frac{(P + \sqrt{P^2 - 16nc^2})^2}{4c(P + \sqrt{P^2 - 16nc^2})} \quad (4)$$

Очевидно, что периметр продукта будет наибольшим при расположении волокон в сечении в одну линию, т. е. он не может быть больше, чем  $P_{\max} = 2(nc + 1)$ . Наименьшее значение периметр принимает в случае, если продукт в сечении имеет форму окружности, т. е.  $P_{\min} = 2c\sqrt{\pi n}$ . В результате анализа получен-

ных цифровых изображений сечения льняной ровницы экспериментально было установлено значение параметра  $c \approx 3$  пиксела. Подставляя данное значение в формулу (4), а также задав количество  $n$  контактирующих волокон, можно построить график полученной зависимости.

Используя справочные данные [8], а также учитывая линейную плотность продукта прядения, используемого для эксперимента, было установлено значение количества волокон в сечении  $n \approx 987...4400$  шт.

На рисунке 2 представлены графики полученной математической модели при различных значениях количества контактирующих волокон  $n$  в поперечном сечении льняной ровницы.

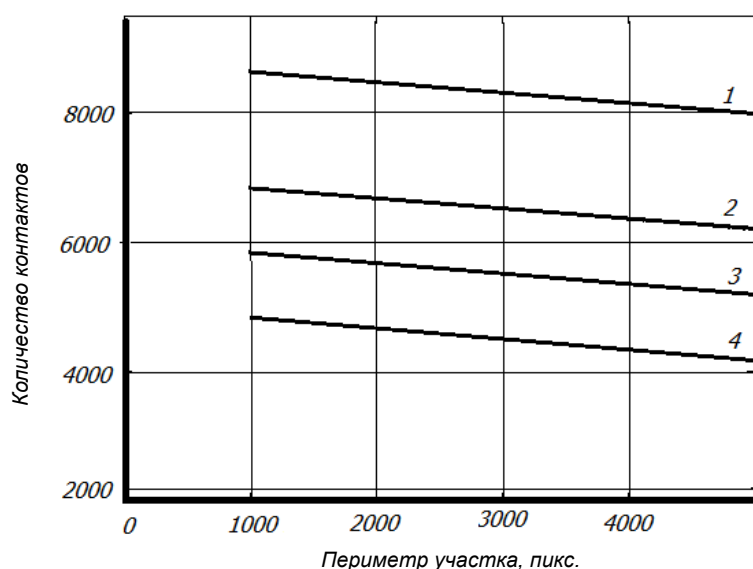


Рис. 2. Зависимость количества контактов между волокнами от периметра поперечного сечения:  
1 –  $n = 4400$ ; 2 –  $n = 3500$ ; 3 –  $n = 3000$ ; 4 –  $n = 2500$

Анализируя полученные графические модели, можно сделать вывод, что увеличение числа контактирующих волокон приводит к увеличению периметра поперечного сечения ровницы, а также росту числа контактов между волокнами. При постоянном количестве контактирующих волокон с увеличением периметра сечения количество контактов уменьшается.

Для установления соответствия между размерами пикселей на изображении и реальными размерами волокон были получены цифровые изображения микропровода диаметром 0,03 и 0,07 мм. Условия съемки совпадали с условиями съемки срезов ровницы. В результате получен масштаб для расчета размеров волокон на изображении, который составил 935 пикс./мм. С помощью полученных данных может быть осуществлен переход от экспери-

ментальных цифровых данных к реальным размерам поперечного сечения волокон и ровницы.

И. С. Беловой предложена формула для расчета суммарной длины контактирующих волокон [9]. Используя полученное значение количества контактов волокон, можно вычислить общую длину контакта волокон, входящих в состав продукта прядения, и, зная относительную силу адгезии, рассчитать прочность продукта прядения после сушки.

### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что волокна в сечении клеевых продуктов прядения вплотную прилегают друг к другу, что не позволяет непосредственно по фотографии среза волокна установить количество контактов между волокнами.



2. Получена зависимость числа контактов между волокнами, их количеством в сечении, периметром и площадью области, непрерывно заполненной волокнами.

3. Сведения о количестве контактов между волокнами, длине скольжения волокон и отнормальной силе адгезии позволяют рассчитать прочность продуктов прядения, получаемых бескруточным клеевым способом.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белова И. С. Обоснование метода оценки адгезии волокнистых материалов к связующему при выработке пряжи клеевым способом // Технологии и качество. 2019. № 4(46). С. 3–7.
2. Рудовский П. Н., Смирнова С. Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Деп. в ВИНТИ № 82-B2010 17.02.2010.
3. Палочкин С. В., Рудовский П. Н. Влияние сил поверхностного натяжения воды на прочность некрученной мокрой льняной ровницы // Вестник Московского государственного текстильного университета : сб. науч. тр. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2009. С. 13–16.
4. Севостьянов П. А., Забродин Д. А., Дасюк П. Е. Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. М. : Тисо принт, 2014. 264 с.
5. Корицкий К. И. Основы проектирования свойств пряжи. М. : Гизлегпром, 1963. 246 с.
6. Рашкован И. Г. Методы оценки распределения волокон по перечным сечениям пряжи. М. : Легкая индустрия, 1970. 199 с.
7. Рудовский П. Н., Соркин А. П., Смирнова С. Г. Влияние условий формирования мокрой бескруточной ровницы на ее структуру и прочность // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 3(332). С. 34–38.
8. Прядение льна и химических волокон : справочник / под ред. Л. Б. Карякина, Л. Н. Гинзбурга. М. : Легпромбытиздат, 1991. 544 с.
9. Белова И. С. Оценка адгезии волокон к связующему // Сб. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 110-летию со дня рождения проф. А. Г. Севостьянова. М., 2020. С. 12–15.

#### REFERENCES

1. Belova I. S. Substantiation of the method of assessing the adhesion of fibrous materials to the binder in the production of yarn by the adhesive method. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;4(46):3–7. (In Russ.)
2. Rudovsky P. N., Smirnova S. G. Mathematical model of the strength of a wet spinless roving made of flax. Dept. in VINITI No. 82-B2010 17.02.2010.
3. Palochkin S. V., Rudovsky P. N. Influence of surface tension forces of water on the strength of uncoiled wet linen roving. *MSTU Bulletin : Collection of works*. Moscow, Kosygin Moscow St. Techn. Univ. Publ., 2009. P. 13–16. (In Russ.)
4. Sevostyanov P. A., Zabrodin D. A., Dasyuk P. E. Computer modeling in the problems of research of textile materials and industries. Moscow, Tiso print Publ., 2014. 264 p. (In Russ.)
5. Koritsky K. I. Fundamentals of designing yarn properties. Moscow, Gizlegprom Publ., 1963. 246 p. (In Russ.)
6. Rashkovan I. G. Methods for estimating the distribution of fibers by the pepper sections of yarn. Moscow, Light industry Publ., 1970. 199 p. (In Russ.)
7. Rudovsky P. N., Sorkin A. P., Smirnova S. G. Influence of conditions of formation of a wet spinless roving on its structure and strength. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2011;3(332):34–38. (In Russ.)
8. Karyakin L. B., Ginzburg L. N. (eds.). Spinning flax and chemical fibers: reference. Moscow, Legprom bytizdat Publ., 1991. 544 p. (In Russ.)
9. Belova I. S. Assessment of fiber adhesion to binder. *Sb. tr. Mezhdunar. nauch. konf., posvyashchennoj 110-letiyu so dnya rozhdeniya prof. A. G. Sevost'yanova* [Collection of scientific papers of the International Scientific Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor A.G. Sevostyanov. Conference materials]. Moscow, 2020. Pp. 12–15. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 19.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

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

Научная статья

УДК 004.93

EDN OTLNEJ

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29

**Алексей Владимирович Круглов**<sup>1</sup>

**Евгений Сергеевич Телегин**<sup>2</sup>

**Алексей Юрьевич Матрохин**<sup>3</sup>

**Наталья Александровна Грузинцева**<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

<sup>1</sup> kruglov\_av\_igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9304-981X>

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

<sup>3</sup> matrokhin.igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2373-3904>

<sup>4</sup> gna76@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ «УМНОЙ ОДЕЖДЫ»

**Аннотация.** В статье приводится анализ основных направлений систем энергообеспечения «умной одежды». Авторы рассмотрели наиболее перспективные виды «умной одежды», эксплуатация которой позволяет генерировать и сохранять тепловую и электрическую энергию в процессе повседневной носки одежды. Приведены основные параметры и характеристики рассматриваемых направлений энергообеспечения «умной одежды», а именно «одежда-генератор», которая позволяет получать энергию от солнечной батареи, генерации движения, генерации за счет энергии человеческого тела (пот и тепло тела), и «одежда-аккумулятор». В заключении обозначены основные проблемы и направления развития исследований в вопросах создания системы энергообеспечения инновационной одежды.

**Ключевые слова:** инновационные технологии, «умная одежда», энергообеспечение, электричество, генерация, сохранение энергии, солнечная батарея, аккумулятор, человеческое тело

**Для цитирования:** Основные направления развития инновационных технологий в создании системы энергообеспечения «умной одежды» / А. В. Круглов, Е. С. Телегин, А. Ю. Матрохин, Н. А. Грузинцева // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 25–29. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29>.

Original Article

**Alexey V. Kruglov**<sup>1</sup>

**Evgeniy S. Telegin**<sup>2</sup>

**Alexey Yu. Matrokhin**<sup>3</sup>

**Natalya A. Gruzintseva**<sup>4</sup>

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

## MAIN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CREATING THE POWER SUPPLY SYSTEM OF “SMART CLOTHING”

**Abstract.** The article analyzes the main directions of energy supply systems for “smart clothes”. The authors considered the most promising types of “smart clothes”, the work of which allows you to generate and accumulate thermal and electrical energy in the process of everyday wear of clothes. The main parameters and characteristics of the considered areas of energy supply of “smart clothes”, namely “generator clothes”, which allow you to receive energy from a solar battery, generate motion, generate human body energy (sweat and body heat) and “battery clothes” are given. In conclusion, the main problems and directions for the development of research on the creation of an energy supply system for innovative clothing are outlined.

**Keywords:** innovative technologies, “smart clothes”, energy supply, electricity, generation, energy saving, solar battery, battery, human body

**For citation:** Kruglov A. V., Telegin E. S., Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A. Main directions for the development of innovative technologies in creating the power supply system of “smart clothing”. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 25–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-25-29>.

Стремительное развитие инновационных технологий позволяет расширять возможности их применения практически во всех областях жизнедеятельности человека. Сегодня «умная одежда» – это не только использование IT-технологий, но и применение различных источников энергии, которые позволяют вырабатывать, преобразовывать и сохранять тепловую и электрическую энергии в процессе повседневной носки одежды. В процессе проектирования «умной одежды» необходимо определиться с источниками энергии, традиционными из которых являются генераторы, позволяющие вырабатывать энергию в точках ее потребления [1, 2]. В «умной одежде» источниками энергии также является человеческое тело, которое за счет значительной площади и определенного нагрева позволяет собирать энергию, сравни-

мую с солнечной, а материал возле коленей, локтей, таза и плеч может подзаряжаться от механического движения, кроме того, пот также может использоваться для преобразования в энергию [3].

В настоящее время существует достаточное количество инновационных технологий, которые используются для генерации и сохранения электроэнергии в одежде, но не все разработки используются при производстве тканых полотен [4]. На рисунке 1 представлены направления научных исследований в области выработки, преобразования и сохранения электрической энергии в одежде.

С целью определения их технического уровня рис. 1 проведен анализ основных направлений развития генерации в «умной одежде» [5, 6] (табл. 1).

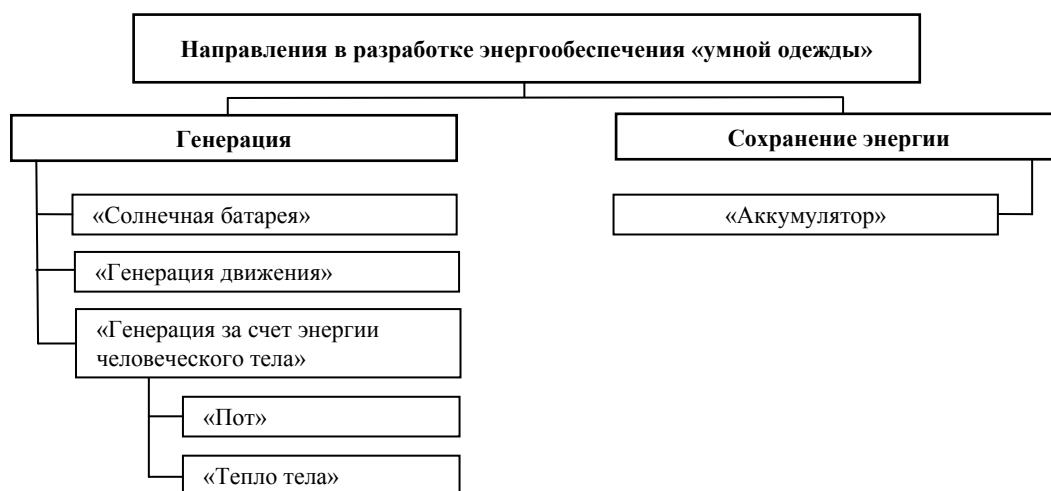


Рис. 1. Основные направления разработки системы энергообеспечения «умной одежды»

Т а б л и ц а 1

Направления разработки «одежда-генератор»

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
<b>«Солнечная батарея» – одежда, генерирующая электрический ток за счет энергии солнца (рис. 2)</b>		
Адаптация технологии солнечных батарей для использования в одежде	Преобразование солнечной энергии в электрический ток посредством тонких полупроводников и проводов, применяемых в солнечных батареях	Дизайнер одежды Tommy Hilfiger совместно с компанией Pvilion, (USA)
<b>«Генерация движения» – одежда, генерирующая электрический ток за счет движения человека и одежды (рис. 3)</b>		
Генерация энергии, основанная на использовании движений человека и элементов одежды. В одежду вшиваются особые датчики, которые работают за счет выработанной энергии при движении человека	Преобразование энергии движения в электрический ток посредством тефлоновых полосок, переплетенных с медными проводами. Когда ткань находится в движении (сжимается или сгибается), часть электронов из меди перетекает в тефлоновые полоски и ткань вырабатывает электрический ток	University of California, Los Angeles (USA)

О к о н ч а н и е т а б л . 1

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
<i>«Генерация за счет энергии человеческого тела» – «Пот»</i> – одежда, генерирующая электрический ток за счет выработки человеческого пота		
Применение технологий генерации, основанных на получении энергии за счет окисления человеческого пота	Преобразование энергии за счет окисления человеческого пота в миниатюрных биотопливных ячейках, которые содержат ферменты, запускающие обмен электронов между молекулами лактата и кислорода, присутствующими в человеческом поте	University of California, San Diego (USA)
<i>«Генерация за счет энергии человеческого тела» – «Тепло тела»</i> – одежда, генерирующая электрический ток за счет выработки тепла человеческим телом (рис. 4)		
Использование технологий с применением генераторов размером около 0,5 см, содержащих сетку полупроводниковых стержней, зажатых между двумя керамическими плитами	Преобразование разности тепловой энергии в электрическую за счет перемещения электронов, основанное на расхождении температур полупроводниковых стержней и суммировании напряжений при соединении положительных катодов	University of Milan (Italy)

Наглядная иллюстрация образцов «умной одежды», генерирующей энергию, приведена на рис. 2–4.

Представленные образцы одежды позволяют генерировать электрический ток за счет внешних и внутренних факторов, что обеспечивает конвертацию разницы температур в электрический ток за счет использования пирозлектрического эффекта.



Рис. 2. «Солнечная батарея» [7]



Рис. 3. «Генерация движения» [8]

Рассмотрим следующее направление разработки системы энергообеспечения «умной одежды», которое заключается в сохранении энергии. Данное направление позволяет локализовать и сохранить сгенерированную электрическую энергию в ткани одежды за счет встроенных в нее датчиков и аккумуляторных батарей [10–12] (табл. 2).

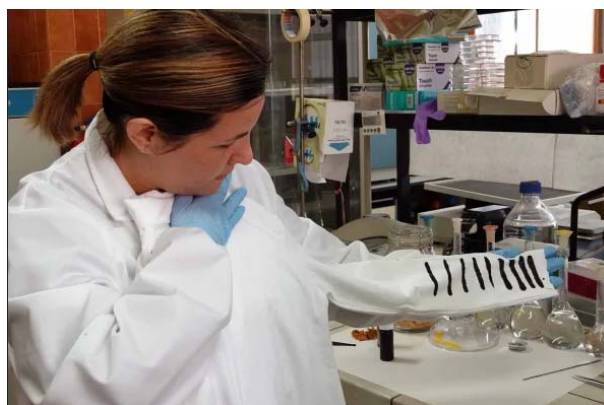


Рис. 4. «Генерация за счет энергии человеческого тела» [9]

### ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что для эффективного использования системы энергообеспечения «умной одежды» необходима выработка электрической энергии в точках ее потребления, что позволит эксплуатировать одежду без постоянной подзарядки. В настоящее время в данном направлении зарубежными университетами активно ведутся научные исследования и изготавливаются опытные образцы «умной одежды». Следует отметить, что в российском научном секторе наблюдается недостаточная проработанность направлений, касающихся преобразования и хранения энергии, по-

лученной посредством использования принципа солнечных батарей и генерации электрической энергии посредством движений человека и вибрации одежды. В ИВГПУ на базе кафедры

МТСМ ведутся исследования по разработке «умной одежды», которая позволит минимизировать потерю энергии при генерации и передаче ее до системы конденсации [13, 14].

Т а б л и ц а 2

## Направления разработки «одежда-аккумулятор»

Основные параметры	Краткая характеристика параметра	Автор разработки
<i>«Одежда-аккумулятор» – аккумулятирование электрической мощности, полученной посредством ткани «одежда-генератор»</i>		
Применение технологий конденсаторов диаметром до 3 мм и емкостью 2 мФ, принимающих заряд напряжением до 2 вольт за 1 мин при использовании образца ткани генератора размером 4×5 см	Уменьшение размеров Li аккумуляторов до 3 мм и получение электрической мощности посредством преобразования из ткани «одежда-генератор»	Georgia Institute of Technology (USA)

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Aage T., Belussi F. From Fashion to Design: Creative Networks in Industrial Districts // *Industry & Innovation*. 2008. Vol. 15(5). P. 475–491.
2. Dunne L. Smart Clothing in Practice: Key Design Barriers to Commercialisation // *Fashion Practice*. 2015. Vol. 2(1). P. 41–65.
3. Pantzar M., Shove E. Understanding innovation in practice: a discussion of the production and reproduction of Nordic Walking // *Technology Analysis & Strategic Management*. 2010. Vol. 22(4). P. 447–461.
4. A Method for Producing Nonwoven Fabric Based on Arselon Fiber for Filtration of Air Mixtures / B. P. Makarov, M. V. Shablygin, M. P. Mihajlova, A. Yu. Matrohin // *Fibre Chemistry*. 2020. Vol. 51. No 6. С. 437–439.
5. Energy Harvesting Smart Textile / D. V. Bayramol, N. Soin, T. Shah, E. Siores, D. Matsouka, S. Vassiliadis // *Smart Textiles. Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham., 2017. P. 199–231.
6. Smelik A., Toussaint L., Van Dongen P. Solar Fashion. An Embodied Approach to Wearable Technology // *International Journal of Fashion Studies*. 2016. Vol. 3(2). P. 287–303.
7. Одежда с солнечными батареями // *24gadget : Гаджеты и технологии*. URL: <https://24gadget.ru/1161060030-odezhda-s-solnechnymi-batareyami> (дата обращения: 17.01.2023).
8. Одежда может генерировать энергию // *Все для химчистки и прачечной : отраслевой портал*. URL: <https://www.cleanprice.ru/news3756-odejda-mojet-generirovat-energiyu-iz-dvijeniy-i-pota-vladelca> (дата обращения: 17.01.2023).
9. Ученые разрабатывают одежду, которая умеет генерировать электричество // *RB.RU : новые технологии, бизнес и карьера в цифровой экономике*. URL: <https://rb.ru/story/t-shirt-generator> (дата обращения: 17.01.2023).
10. Зимина М. В., Чагина Л. Л., Иванов В. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество*. 2022. № 2(56). С. 16–23.
11. Godfrey A. Wearables for independent living in older adults: Gait and falls // *Maturitas*. 2017. Vol. 100. P. 16–26.
12. Сорокин Д. В., Никифоров А. Л. Математическое моделирование нестационарного теплообмена в многослойном композиционном материале // *Технологии и качество*. 2021. № 1(51). С. 9–14.
13. Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых материалов / Н. А. Коробов, М. А. Лысова, Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев // *Технологии и качество*. 2021. № 2(52). С. 5–10.
14. Цифровизация в инклюзивной антропометрии / М. А. Гусева, В. В. Костылева, И. А. Петросова, Е. Г. Андреева, Е. В. Литвин, И. Д. Гусев // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2020. № 6(390). С. 154–161.

## REFERENCES

1. Aage T., Belussi F. From Fashion to Design: Creative Networks in Industrial Districts. *Industry and Innovations*. 2008;15(5):475–491.

2. Dunne L. Smart Clothing in Practice: Key Design Barriers to Commercialisation. *Fashion Practice*. 2015;2(1):41–65.
3. Pantsar M., Shove E. Understanding Innovation in Practice: Discussing the Production and Reproduction of Nordic Walking. *Technological Analysis and Strategic Management*. 2010;22(4):447–461.
4. Makarov B. P., Shablygin M. V., Mikhailova M. P., Matrokhin A. Yu. A method for obtaining a non-woven fabric based on Arselon fiber for filtering air mixtures. *Chemistry of Fibers*. 2020;51,6:437–439.
5. Bayramol D. V., Soin N., Shah T., Siores E., Matsouka D., Vassiliadis S. Energy Harvesting Smart Textile. *Smart Textiles. Human-Computer Interaction Series*. Springer, Cham., 2017. P. 199–231.
6. Smelik A., Toussaint L., Van Dongen P. Solar Fashion. An Embodied Approach to Wearable Technology. *International Journal of Fashion Studies*. 2016;3(2):287–303.
7. Clothes with solar panels. 24gadget.ru. Gadgets and technologies. URL: <https://24gadget.ru/1161060030-odezhda-s-solnechnymi-batareyami> (Accessed: 17.01.2023).
8. Clothes can generate energy. Everything for dry cleaning and laundry : industry portal. URL: <https://www.cleanprice.ru/news3756-odejda-mojet-generirovat-energiyu-iz-dvijeniya-i-pota-vladelca> (Accessed: 01.17.2023).
9. Scientists are developing clothes that can generate electricity. RB.EN : new technologies, business and career in the digital economy. URL: <https://rb.ru/story/t-shirt-generator> (Accessed: 01.17.2023).
10. Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. Evaluation of the vapor permeability of adaptive clothing material systems for people with limited motor capabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;2(56):16–23. (In Russ.)
11. Godfrey A. Wearables for independent living in older adults: Gait and falls. *Maturitas*. 2017;100:16–26.
12. Sorokin D. V., Nikiforov A. L. Mathematical modeling of non-stationary heat transfer in a multilayer composite material. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):9–14. (In Russ.)
13. Korobov N. A., Lysova M. A., Gruzintseva N. A., Gusev B. N. Construction of a digital study technique for the non-uniformity of the surface density of nonwoven materials. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52):5–10. (In Russ.)
14. Guseva M. A., Kostyleva V. V., Petrosova I. A., Andreeva E. G., Litvin E. V., Gusev I. D. Digitalization in inclusive anthropometry. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2023;6:154–161. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 5.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023

Научная статья

УДК 677.054.847.82

EDN ТОКААУ

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35

**Сергей Юрьевич Бойко**<sup>1</sup>

**Татьяна Леонидовна Фефелова**<sup>2</sup>

**Любовь Борисовна Трифонова**<sup>3</sup>

**Галина Георгиевна Сокова**<sup>4</sup>

**Павел Николаевич Рудовский**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> Камышинский технологический институт (филиал Волгоградского государственного технического университета), г. Камышин, Россия

<sup>4,5</sup> Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup> ttp@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0997-4111>

<sup>2</sup> fefelova@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3466-0010>

<sup>3</sup> trifonova@kti.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8178-8674>

<sup>4</sup> g\_sokova@ksu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1436-2489>

<sup>5</sup> pavel\_rudovsky@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

## КОМБИНИРОВАННЫЕ НИТИ С ФЕРРОМАГНИТНЫМ СТЕРЖНЕМ, ИХ СТРУКТУРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Аннотация.** В работе проведен анализ существующих способов получения нитей и пряж. Установлено, что комбинированные (армированные) нити позволяют вырабатывать текстильные изделия с заданными специальными свойствами. Проводились испытания на растяжение комбинированной трехкомпонентной нити, одним из компонентов которой являлся ферромагнитный микропровод. Установлено, что при растяжении такой нити разрыв компонентов происходит не одновременно. В первую очередь разрывается компонент, имеющий наибольшую жесткость, – ферромагнитный микропровод. Разрывное удлинение микропровода практически равно деформации нити основы в процессе ткачества на бесчелночных ткацких станках. Поэтому для стабильного протекания процесса ткачества необходимо провести выбор соответствующих технологических режимов либо разработать нити специальной структуры с повышенным разрывным удлинением.

**Ключевые слова:** способы прядения, инновационные текстильные материалы, прочность, разрыв, разрывное удлинение, комбинированные нити, ферромагнитный микропровод, электромагнитное излучение

**Для цитирования:** Комбинированные нити с ферромагнитным стержнем, их структура и перспективы использования / С. Ю. Бойко, Т. Л. Фефелова, Л. Б. Трифонова, Г. Г. Сокова, П. Н. Рудовский // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 30–35. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35>.

Original article

**Sergey Yu. Boyko**<sup>1</sup>

**Tatyana L. Fefelova**<sup>2</sup>

**Liubov B. Trifonova**<sup>3</sup>

**Galina G. Sokova**<sup>4</sup>

**Pavel N. Rudovsky**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> Kamyshin Technological Institute Branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia

<sup>4,5</sup> Kostroma State University, Kostroma, Russia

## COMBINED FILAMENTS WITH A FERROMAGNETIC ROD, THEIR STRUCTURE AND PROSPECTS FOR USE

**Abstract.** The paper analyzes the existing methods for obtaining threads and yarns. It has been established that the largest combined (reinforced) threads make it possible to produce textile products with specified special properties. Tensile tests were carried out on a combined three-component yarn, one of the compo-

ments of which was a ferromagnetic microwire. It has been established that when such a thread is stretched, the breakage of the components does not occur simultaneously. First of all, the component with the highest rigidity, the ferromagnetic microwire, is torn. The breaking elongation of the microwire is practically equal to the deformation of the warp thread during weaving on shuttleless looms. Therefore, for a stable weaving process, it is necessary to select the appropriate technological modes, or to develop threads of a special structure with increased breaking elongation.

**Keywords:** spinning methods, innovative textile materials, strength, tear, elongation at break, combined yarns, ferromagnetic microwire, electromagnetic radiation

**For citation:** Boyko S. Yu., Fefelova T. L., Trifonova L. B., Sokova G. G., Rudovsky P. N. Combined filaments with a ferromagnetic rod, their structure and prospects for use. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 30–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-30-35>.

Инновационные текстильные материалы требуют новых видов сырья, обладающих уникальными свойствами. Пряжи и нити, полученные классическими, традиционными способами, не всегда могут обеспечить необходимые свойства. В настоящее время вызывают интерес комплексные нити в связи с многообразием их ассортиментных возможностей. Строение комплексных нитей определяется числом и расположением в них элементарных нитей, а также способом их соединения (скручиванием или склеиванием) [1].

Комбинированные нити могут состоять из различного сочетания отличающихся по волокнистому составу и структуре: комплексных ни-

тей, пряжи, моноплетей и текстурированных нитей [2]. Они могут быть однокруточными и многокруточными. При скручивании комплексной нити с пряжей или другой нитью получают крученые комбинированные нити.

Комбинированные нити можно разделить на простые, армированные и фасонные нити (рис. 1).

Простые комбинированные нити получают соединением составляющих нитей примерно одинаковой длины.

Армированные нити имеют сердечник, плотно обвитый, оплетенный или покрытый равномерно по всей длине волокнами или другими нитями.



Рис. 1. Классификация комбинированных нитей

Нити фасонной крутки – текстильные нити, имеющие периодически повторяющиеся местные изменения структуры или окраски.

Комбинированные (армированные) нити достаточно популярны и используются для изготовления технических, специальных текстильных материалов, в том числе для произ-

водства композиционных материалов. Их оригинальный внешний вид и уникальные свойства обеспечили им широкое применение в материалах и изделиях, сочетающих в себе интересный внешний вид, фактуру и имеющих высокую прочность, стойкость к истиранию или другие специальные свойства.



Наш интерес к комбинированным (армированным) нитям пробудил ассортимент пряж, полученных с использованием ферромагнитного микропровода в стеклянной изоляции (НФМП), произведенного АО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов» (ЦКБ РМ) [3]. На рис. 2 представлена армированная нить, состоящая из двух стержневых нитей различного состава, обкрученных покровной нитью другого состава, что обеспечивает сочетание в одной нити свойств, присущих составляющим ее нитям. Данная армированная нить получена соединением двух различных нитей и НФМП (5 текс), при этом роль стержневой выполняет хлопчатобумажная нить (50 текс) вместе с проводом, а синтетическая (полиэфирная) нить (7,6 текс) обвивает их.

Исследования, проведенные ЦКБ РМ, показали высокую эффективность использования данной нити при изготовлении радиопоглощающих материалов для различных видов техники [3].

Предполагается использовать данные нити для выработки универсальной костюмной ткани с высокими потребительскими и защитными свойствами, в частности, для изготовления спецодежды с защитой от электромагнитных излучений [4]. Поэтому крайне важно оценить способность данных нитей к переработке в текстильном производстве.

В рамках настоящей работы проведены исследования разрывной нагрузки и разрывного удлинения данной нити. В результате эксперимента установлено, что разрыв нитей происходит не одновременно. Анализ снимков показал, что разрушение компонентов комплексной комбинированной нити происходило не одновременно. В начале разрушается ферромагнитный микропровод, затем хлопчатобумажная нить и последней – синтетическая нить.

В таблице представлены результаты исследований нитей и пряжи, составляющих комбинированную комплексную нить.



**Рис. 2. Структура армированной нити:**

1 – ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции;  
2 – полиэфирная нить; 3 – хлопчатобумажная пряжа

**Т а б л и ц а**

**Результаты исследований нитей и пряжи на прочность**

Вид нити	Линейная плотность, текс	Средняя разрывная нагрузка, сН	Среднее разрывное удлинение	
			мм	%
Хлопчатобумажная пряжа	50	508	24	4,8
Полиэфирная нить	7,6	255	80	16
Ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции	5	216	10	2

Используя методику, изложенную в литературе [5, 6], можно построить диаграмму растяжения комплексной нити. Методика заключается в построении трех точек, соответствующих разрыву каждого компонента в нити. Это точки  $a$ ,  $b$  и  $c$  на рис. 3.

Из начала координат т.  $O$  проводим линии в каждую из этих точек. Очевидно, что линия  $Oa$  соответствует растяжению всех трех компонентов нити и поэтому имеет максимальный угол наклона к горизонтали. После обрыва первого компонента (микропровода), имеющего наименьшее разрывное удлинение, линия диаграммы падает на прямую  $Ob$  и далее растяжение происходит по этой линии, наклон которой

соответствует жесткости двух оставшихся компонентов. После разрыва следующего компонента ( $x/b$  пряжи) кривая диаграммы падает на линию  $Oc$ , соответствующую растяжению полиэфирного компонента и далее растягивается до его разрыва. Полученная диаграмма имеет полное качественное совпадение с диаграммами растяжения комплексной нити натурального шелка, изученной ранее [7].

В ходе испытания были изучены места разрывов комплексной комбинированной нити. Фотоизображения нитей после разрыва были получены с использованием цифрового микроскопа (с увеличением  $200\times$ ) и представлены на рис. 4 и 5.

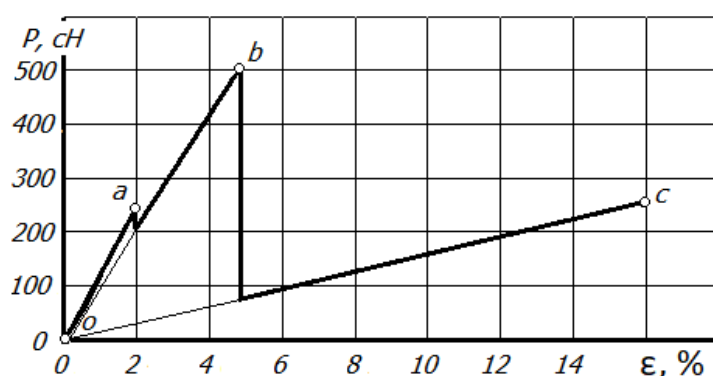


Рис. 3. Расчетная диаграмма растяжения комплексной нити



Рис. 4. Место обрыва ферромагнитного микропровода

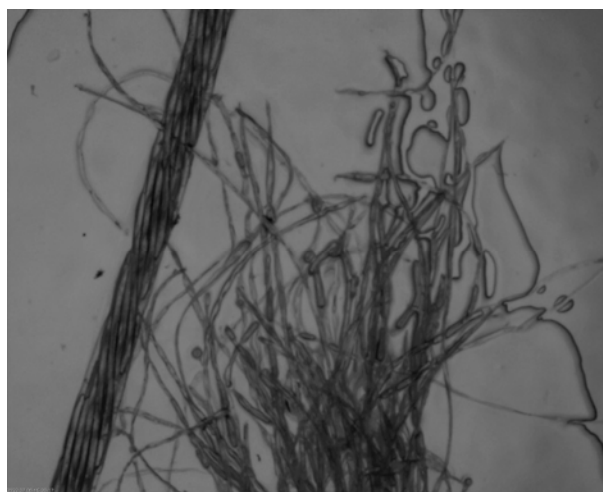


Рис. 5. Место обрыва хлопчатобумажной пряжи

Исходя из результатов многочисленных исследований (см. например, [8, 9]), известно, что при выработке ткани на бесчелночном ткацком станке нити основы получают деформацию порядка  $1...1,8\%$ , а уточные нити – до  $2\%$ . Характеристики разрыва комбинированной комплексной нити, представленные в таблице, позволяют сделать вывод о том, что ферромагнитный микропровод в составе ком-

плексной нити может получать удлинения, близкие к разрывному. Из расчетной диаграммы (см. рис. 3) видно, что обрыв микропровода на фоне растяжения комплексной нити не заметен. Это требует разработки специальных технологических режимов при переработке таких нитей, позволяющих снизить деформацию нитей в ткачестве, либо создания комплексных нитей с ферромагнитным микропроводом,

имеющих большее разрывное удлинение. Этого можно достичь путем изменения структуры комплексной нити.

Снижению деформации нитей в процессе ткачества способствуют:

- увеличение выноса зева при зевобразовании;
- наличие уточного накопителя и усовершенствование механизма торможения уточной нити;
- снижение скорости вращения главного вала ткацкого станка до минимального значения.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что разрыв компонентов в комбинированной комплексной нити происходит не одновременно. Первым рвется наиболее жесткий компонент – ферромагнитного микропровод.

2. Проведенные исследования указывают, что для переработки комбинированной комплексной нити с ферромагнитным микропроводом в ткачестве необходим выбор специальных технологических режимов либо разработка нитей специальной структуры, имеющих большее разрывное удлинение.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рудовский П. Н., Белова И. С. Анализ и перспективы клеевых способов формирования пряжи // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2019. № 1-1. С. 186–189.
2. Рыклин Д. Б., Коган А. Г. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей : монография / Витебский гос. технол. университет. Витебск, 2002. 215 с.
3. Ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции // ЦКБ специальных радиоматериалов : офиц. сайт. URL: <https://ckbrm.ru/index.php?products=55> (дата обращения: 23.11.2022).
4. Анализ текстильных материалов, используемых для защиты от электромагнитного излучения / Т. Л. Фефелова, Л. Б. Трифонова, Г. Г. Сокова, С. Ю. Бойко // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 30–33.
5. Палочкин С. В., Рудовский М. П., Рудовский П. Н. Накопительное устройство для термообработки самокрученных комбинированных нитей с эластаном : монография. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2008. 181 с.
6. Рудовский М. П., Палочкин С. В., Рудовский П. Н. Исследование влияния упругих свойств комбинированных нитей на технологические параметры накопителя // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 2(314). С. 6–8.
7. Моделирование разрывной нагрузки трощеных нитей натурального шелка численными методами / А. М. Киселев, П. Н. Рудовский, М. В. Киселев, А. Б. Ишматов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2013. № 4(346). С. 38–41.
8. Сокова Г. Г. Дистанционное исследование ткани как эквивалент стандартных методов определения ее показателей качества // Стандарты и качество. 2008. № 3. С. 70–71.
9. Назарова М. В., Романов В. Ю. Оценка напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении тканей различного переплетения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 2. С. 63–67.

## REFERENCES

1. Rudovsky P. N., Belova I. S. Analysis and prospects of adhesive methods of yarn formation. *Analiz i perspektivy kleevykh sposobov formirovaniya pryazhi* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEX)]. 2019;1-1:186–189. (In Russ.)
2. Ryklin D. B., Kogan A. G. Production of multicomponent yarns and combined threads. Monograph. Vitebsk, St. technol. Univ. of Vitebsk Publ. 2002. 215 p. (In Russ.)
3. Ferromagnetic microwire in glass insulation. CKB RM : official website. URL: <https://ckbrm.ru/index.php?products=55>. (Accessed: 11/23/2022.)
4. Fefelova T. L., Trifonova L. B., Sokova G. G., Boyko S. Yu. Analysis of textile materials used for protection against electromagnetic radiation. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):30–33. (In Russ.)
5. Palochkin S. V., Rudovsky M. P., Rudovsky P. N. Storage device for heat treatment of self-twisted combined yarns with elastane. Monograph. Moscow, Kosygin Rus. St. Univ. Publ., 2008. 181 p. (In Russ.)
6. Rudovsky M.P., Palochkin S.V., Rudovsky P.N. Investigation of the influence of the elastic properties of combined threads on the technological parameters of the accumulator. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Za-*

- vedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)] 2009;2(314):6-8. (In Russ.)
7. Kiselev A. M., Rudovsky P. N., Kiselev M. V., Ishmatov A. B. Modeling of breaking load of spun natural silk threads by numerical methods. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;4(346):38–41. (In Russ.)
  8. Sokova G. G. Remote study of tissue as an equivalent of standard methods for determining its quality indicators. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality]. 2008.;3:70–71. (In Russ.)
  9. Nazarova M. V., Romanov V. Yu. Evaluation of the tension of filling a loom in the manufacture of fabrics of various weaves. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;2:63–67. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 11.03.2023

Принята к публикации 10.05.2023

# ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671:673:745

EDN ULTVOR

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-36-42

Сергей Ильич Галанин<sup>1</sup>

Кирилл Николаевич Колупаев<sup>2</sup>

Татьяна Викторовна Лебедева<sup>3</sup>

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

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

<sup>2</sup> knk44@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5808-2481>

<sup>3</sup> letavi44@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7744-4193>

## ЦВЕТОВОЙ ДИЗАЙН ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

***Аннотация.** Статья посвящена различным способам создания многоцветных ювелирно-художественных изделий, особенностям их дизайна. Рассмотрены способы создания многоцветных композиционных решений украшений, проблемы и сложности, возникающие при проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте изделий. Показано, что привлекательность и долговечность цветового дизайна ювелирно-художественных изделий в значительной степени зависят от сочетаний различных элементов украшений, освещения, обработки поверхности, используемых драгоценных и недрагоценных материалов, технологий их обработки и декорирования, цветового восприятия различными группами потребителей и изменчивой моды.*

***Ключевые слова:** цветовой дизайн ювелирно-художественных изделий, цвет, локальный цвет, цветовые сочетания, цветовое восприятие, композиционные цветовые решения, проблемы создания, эксплуатации и ремонта многоцветных ювелирно-художественных изделий*

***Для цитирования:** Галанин С. И., Колупаев К. Н., Лебедева Т. В. Цветовой дизайн ювелирно-художественных изделий: проблемы и решения // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 36–42. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-36-42>.*

Original article

Sergey I. Galanin<sup>1</sup>

Kirill N. Kolupaev<sup>2</sup>

Tatiana V. Lebedeva<sup>3</sup>

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

## COLOR DESIGN OF JEWELRY AND ART PRODUCTS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

***Abstract.** The article is devoted to different ways of creating multi-colored jewelry and artistic articles, and the peculiarities of their design. It deals with the ways of creating multi-coloured compositional decisions of adornments, problems and difficulties, arising in the process of designing, manufacturing, exploitation and repairing of articles. It is shown that the attractiveness and durability of color design of jewelry and art items largely depends on the combination of various jewelry elements, lighting, surface treatment, used precious and non-precious materials, technologies of their processing and decoration, color perception by different groups of consumers and the changing fashion.*

***Keywords:** color design of jewelry, color, local color, color combinations, color perception, composite color solutions, problems of creation, use and repair of multicolored jewelry*

**For citation:** Galanin S. I., Kolupaev K. N., Lebedeva T. V. Color design of jewelry and art products: problems and solutions. *Technologies & Quality*. 2023. No 2(60). P. 36–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-36-42>.

Человек на протяжении тысячелетий стремился украшать себя. При этом цвет практически всегда доминировал при выборе материалов для ювелирных изделий. Яркие цветные вставки и эмали присутствуют в древнеегипетских, шумерских украшениях, ювелирных украшениях Византии, Средневековой Европы и Руси [1, 2]. Широко при этом и выбор материалов. В определенные периоды, например, при господстве ювелирного стиля модерн, в одном

изделии могли применяться разнообразные драгоценные и недорогие металлы и материалы, отличающиеся цветами и оттенками, великолепно сочетающиеся друг с другом, благодаря гениальности и мастерству художника (рис. 1) [3, 4]. А в конце 2010-х годов в моду вошли ювелирные изделия с многоцветными вставками из драгоценных камней, не всегда сочетающимися друг с другом, что существенно ухудшало внешний вид украшений (рис. 2).



**Рис. 1. Ювелирные изделия эпохи модерна**  
(изображения из открытых источников)



**Рис. 2. Ювелирные изделия с многоцветными камнями**  
(изображения из открытых источников)

Таким образом, цветовой дизайн очень важен при создании ювелирно-художественных изделий (ЮХИ). Дополнительно на восприятие цветовой композиции влияют особенности цветового восприятия конкретными группами людей, а на долговечность – освещение, механические и химические воздействия и пр. Попробуем рассмотреть создание и сохранение цветового дизайна ЮХИ более детально и комплексно.

Способы создания многоцветных ЮХИ весьма разнообразны [5–7]. Наиболее распространены следующие:

- применение металлов и сплавов различных цветов и оттенков как драгоценных, так легких и цветных;
- применение ювелирных вставок различных цветов и оттенков: камней (натуральных и син-

тетических, в том числе с изменением цвета при различном освещении, например, александрита), органических образований (перламутра, жемчуга, янтаря всевозможных цветов и оттенков, в том числе и дополнительно окрашенных, панциря черепахи, кожи животных, перьев, бивней и рогов животных и пр.) (рис. 3), многоцветного стекла, в том числе и «муранского», кристаллов Swarovski, керамики, древесины различных пород, в том числе модифицированной (рис. 4), пластмассы [8];

- применение электрохимических и химических покрытий металлами и сплавами различных цветов (цветное золочение, серебрение, цветное родирование, рутенирование, палладирование, бронзирование и пр.) [9, 10];

- гальванопластическое изготовление изделий со специальными приемами закрепки вставок и последующим нанесением металлических гальванических покрытий или формированием конверсионных покрытий [11];
- напыление разноцветных пленок различных металлов и их соединений на поверхности металлов и неметаллов или нанесение их методом вжигания, в том числе и с использованием лазера [12];
- использование неметаллических разноцветных покрытий: силикатных и полимерных эмалей горячего и холодного отверждения (прозрачных и глухих эмалей, эмалей с различными цвето- и светоизменяющими деко-

- ративными добавками), «нанокерамических» покрытий [13–16];
- электрохимическое и химическое формирование конверсионных окрашенных покрытий на поверхности сплавов на основе серебра, сплавов на основе меди, титана, алюминия, хрома, ванадия, вольфрама, железа и пр., в том числе цветов побежалости при термообработке [17–22];
- поверхностное окрашивание сплавов на основе золота (фарбовка);
- лазерное создание цветных изображений на поверхности нержавеющей стали [23];
- электроэрозионное нанесение цветных рисунков на металлические поверхности при использовании металлов и сплавов различных цветов.



Рис. 3. Ювелирные изделия с использованием кожи ската и других животных (иллюстрации из открытых источников)



Рис. 4. Ювелирные изделия со вставками ценных пород древесины (иллюстрации из открытых источников)

Перечень обширный, включающий разнообразные технологии и приемы формообразования и декорирования. Естественно, в рамках одной статьи невозможно рассмотреть все тонкости создания многоцветных ЮХИ с использованием означенных технологий, их достоинства и недостатки. Но можно выделить ряд положений и тенденций, их объединяющих.

*Первая группа проблем*, возникающих при проектировании и создании ЮХИ [24–30]:

1. Проведенные нами исследования показали, что использование в одном изделии материалов более трех цветов нецелесообразно, так как цвета начинают конкурировать друг с другом из-за снижения контраста между ними [24–26].

2. При проектировании ЮХИ необходимо учитывать «локальный цвет», образующийся при смешении цветов частей изделия, расположенных в непосредственной близости друг от друга; необходимо учитывать и соотношение

размеров окрашенных частей изделия, так как при превышении 50 % площади видимой поверхности цвет начинает доминировать [24–26].

3. Очень важно при проектировании соблюдать различные контрасты между окрашенными материалами в одном изделии с учетом преобладающего освещения при эксплуатации. Экспериментально доказано изменение цветовых характеристик и контрастов при различном освещении – теплом, смешанном, холодном. Для ЮХИ лучше выбирать светлотный контраст или сочетание светлотного и цветового контраста. Например, для ЮХИ, эксплуатируемых при теплом освещении, из цветных металлов рекомендуется использовать заматированную медь в сочетании с различными металлами, для драгоценных – серебро с различными сплавами, предпочтительно отполировав поверхность. Для ЮХИ, эксплуатируемых при смешанном освещении, самые предпочтительные

металлы из цветных – томпак и полированный нейзильбер, из драгоценных – серебро, оно сочетается со всеми драгоценными сплавами, кроме белого золота с палладием [24–26].

4. Экспериментально доказан факт сближения цветовых характеристик полированных поверхностей, поэтому необходимо сочетание полированных и матовых или фактурированных участков для увеличения контраста между ними [24–26].

5. Необходимо учитывать психологию цветовосприятия различными группами возможных покупателей [24–27].

По *объективным* факторам все цвета можно разделить на две группы.

*Группа А.* Простые, чистые, яркие цвета, контрастные сочетания. Предпочитаются людьми со здоровой, цельной, не утомленной нервной системой: детьми, подростками, молодежью, людьми физического труда, людьми с кипучим темпераментом и открытой, прямой натурой. *Цветовые решения ЮХИ:* большой контраст между используемыми материалами; преобладание ярких контрастных вставок.

*Группа Б.* Смешанные, приглушенные, разбеленные, зачерненные, ахроматические цвета, нюансные сочетания. Эти цвета скорее успокаивают, чем возбуждают; вызывают сложные, неоднозначные эмоции, нуждаются в более длительном созерцании для их восприятия, удовлетворяют потребность в тонких и изысканных ощущениях. Цвета группы Б предпочитают людьми среднего и пожилого возраста, интеллигентного труда, с утомленной или тонко организованной нервной системой. *Цветовые решения ЮХИ:* небольшой контраст между металлами; комбинации металлов только теплых или только холодных цветовых оттенков; использование полированных поверхностей; использование вставок сближенных цветов с металлом; использование вставок одного цвета или оттенков одного цвета.

Закономерная картина цветовых предпочтений может временно нарушаться колебаниями моды.

*Субъективные* факторы делятся на групповые и индивидуальные.

*Групповые:* цвет природной среды, этническая группа, культурные традиции, классовая принадлежность, мода, стиль в искусстве. *Индивидуальные:* возраст, пол, культурный уровень, образование, род деятельности, нервно-психический склад (характер, темперамент, бытовая среда).

Многочисленные научные исследования выявили *возрастное предпочтение цветов*. Так,

дети в возрасте до одного года независимо от расы и места проживания красный, оранжевый и желтый одинаково предпочитают зеленому, голубому и фиолетовому. Популярность различных цветов среди подростков и взрослых снижается в следующем ряду: голубой (синий), зеленый, красный, желтый, оранжевый, фиолетовый, белый.

6. Сложность обработки различных сплавов, ряда труднообрабатываемых металлов и сплавов – титана, вольфрама, золота голубых оттенков и др. Например, алюминий и титан вязкие, плохо свариваемые материалы. Титан и вольфрам плавятся при достаточно высоких температурах. Механическая обработка вольфрама является чрезвычайно сложной технической задачей. Некоторые сплавы золота, например, фиолетового цвета, очень хрупкие и могут использоваться только в виде вставок в украшения [28].

7. Высокая трудоемкость и необходимость высококвалифицированного труда при изготовлении камнерезных изделий и вставок [30];

8. Сложности и особенности создания и декорирования сложнопрофильных и гальванопластических ЮХИ [11, 31, 32];

9. Сложность закрепки нетрадиционных вставок (кожи, перьев и пр.).

10. Скоротечность моды, которая очень восприимчива к цвету ЮХИ.

*Вторая группа проблем*, возникающих при эксплуатации и ремонте ЮХИ:

1. Низкая устойчивость ряда покрытий (горячие и холодные эмали, конверсионные покрытия на титане, серебре, меди и их сплавах) к царапанию, истиранию, сколам.

2. Ослабление интенсивности окраски при длительной эксплуатации некоторых материалов и покрытий при дневном освещении (цвет окрашенной оксидной пленки на алюминии, обесцвечивание аметистов и др.).

3. Проблемы эксплуатации тонкостенных изделий и изделий с использованием нетрадиционных материалов (боязнь надразов, деформации, раскалывания при различных механических воздействиях).

4. Проблемы ремонта и утилизации вышедших из моды изделий из уникальных сплавов, с комбинацией различных материалов и с некоторыми покрытиями. Например, ремонт изделий из «шоколадного» золота осуществляется непосредственно производителями таких украшений. А утилизация изделий с комбинацией титана с золотом потребует их демонтажа, что не всегда легко осуществимо.



Рассмотренный комплекс проблем во многом можно решить на этапе дизайн-проектирования. При этом от дизайнера требуется безусловное понимание целевой аудитории потре-

бителей проектируемого изделия, знание доминирующих условий эксплуатации украшения, свойств используемых материалов и технологических приемов изготовления.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технологии в мировой истории эмальерного дела: от зарождения эмальерной техники до эмалей Древней Руси // Технологии и качество. 2022. № 3(57). С. 42–47.
2. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технологии в мировой истории эмальерного дела: от Средневековья до нашего времени // Технологии и качество. 2022. № 4(58). С. 32–38.
3. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Нашивные украшения с эмалью в историческом костюме и их место в современных трендах // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6(402). С. 208–214.
4. Галанин С. И., Сильянова Е. А. Материалы и технологии Рене Лалика // Технологии и качество. 2018. № 4(42). С. 52–58.
5. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн, материалы и технология – три составных части ювелирных украшений // Дизайн и технологии. 2022. № 87(129). С. 13–23.
6. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
7. Галанин С. И. Декоративная электрохимическая и химическая обработка поверхности ювелирно-художественных сплавов // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 2. URL: <http://vestnic.kstu.edu.ru> (дата обращения: 02.02.2023).
8. Галанин С. И. Особенности обработки камней и органогенных образований для ювелирно-художественных изделий // Технологии и качество. 2021. № 1(47). С. 33–39.
9. Декоративные свойства цветных золотых гальванических покрытий / С. И. Галанин, Л. А. Колодий-Тяжов, М. Г. Егорова, В. А. Березовский // Дизайн. Материалы. Технология. 2017. № 4(48). С. 30–34.
10. Галанин С. И., Собельман Е. Д., Колупаев К. Н. Исследование декоративных свойств цветных гальванических покрытий на поверхности серебра // Дизайн. Теория и практика. 2010. № 5. С. 16–30.
11. Галанин С. И., Жирова Т. И. Особенности дизайна, конструкции и технологии изготовления гальванопластических ювелирных изделий // Технологии и качество. 2021. № 4. С. 47–53.
12. Галанин С. И., Аникин И. А. Лазерное декорирование поверхности стекла // Дизайн. Теория и практика. 2014. № 17. С. 14–21.
13. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные способы горячего эмалирования // Дизайн и технологии. 2019. № 69(111). С. 6–16.
14. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Музыкантова М. Э. Холодные эпоксидные эмали как дизайн-решение поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 5–11.
15. Лебедева Т. В., Музыкантова М. Э., Галанин С. И. Формирование покрытий холодной эпоксидной эмалью // Дизайн. Теория и практика. 2016. № 25. С. 15–24.
16. Музыкантова М. Э., Лебедева Т. В., Галанин С. И. Получение светочувствительных холодных эмалей на основе эпоксидных смол // Дизайн. Теория и практика. 2016. № 25. С. 25–36.
17. Галанин С. И., Галамий Ю. В. Исследование формирования цветных конверсионных пленок на поверхности серебра // Дизайн. Теория и практика. 2010. № 5. С. 86–99.
18. Галанин С. И., Висковатый И. С. Оксидирование и чернение ювелирных изделий из серебра // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 20–28.
19. Галанин С. И., Висковатый И. С., Гладий Ю. П. Декоративное электрохимическое анодирование поверхности сплава серебра 925 пробы // Сб. тр. XVIII Всерос. науч.-практ. конф. и смотряконкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей по направлению «Технология художественной обработки материалов». Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. С. 56–65.
20. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
21. Исследование электрохимического формирования декоративных цветных пленок на поверхности титана ОТ4-1 / С. И. Галанин, Л. В. Попова, Ю. П. Евграфова, С. А. Соков // Дизайн. Материалы. Технология. 2009. № 2(9). С. 20–22.

22. Галанин С. И., Соколова Л. А. Декорирование поверхности алюминия окрашиванием конверсионных покрытий // *Дизайн. Теория и практика*. 2015. № 21. С. 34–43.
23. Галанин С. И. *Лазерные технологии в ювелирном производстве* : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 108 с.
24. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Выбор цветовых характеристик ювелирных изделий и бижутерии при проектировании // *Известия вузов. Технология легкой промышленности*. 2019. Т. 39, № 2. С. 108–113.
25. Галанин С. И., Ляпина А. С. Исследование колористических характеристик недрагоценных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // *Технологии и качество*. 2018. № 1(39). С. 17–24.
26. Галанин С. И., Ляпина А. С. Колористические характеристики ряда цветных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // *Технологии и качество*. 2017. № 2(38). С. 29–35.
27. Миронова Л. Н. Цвет – что это? Курс колористики для художников-дизайнеров. URL: <http://mironovacolor.org> (дата обращения: 02.02.2023).
28. Исследование гравирования различных металлов и сплавов, используемых в ювелирном производстве / Т. В. Лебедева, С. И. Галанин, О. А. Трошина, С. Н. Ершов // *Технологии и качество*. 2022. № 1(55). С. 40–47.
29. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Electrochemical surface texturing of silver // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2015. Vol. 51, no 4. P. 332–338.
30. Галанин С. И., Цинь Лицзюань. Объемная резьба по нефриту // *Технологии и качество*. 2020. № 4(50). С. 11–18.
31. Галанин С. И., Висковатый И. С., Колупаев К. Н. Дизайн сложнопрофильных металлических поверхностей // *Технологии и качество*. 2017. № 1(37). С. 25–31.
32. Проектирование ювелирных изделий с учетом технологии обработки их поверхности / С. И. Галанин, М. В. Сорокина, А. С. Галанина, Е. А. Воробьева // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2008. № 4(7). С. 3–7.

## REFERENCES

1. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamelmaking: from the origin of enamel technology to the enamels of Ancient Russia. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;3(57):42–47. (In Russ.)
2. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in the world history of enamelmaking: from the middle ages to the present. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):32–38. (In Russ.)
3. Rybakova I. V., Galanin S. I. Sewn jewelry with enamel in a historical costume and their place in modern trends. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2022;6(402):208–214. (In Russ.)
4. Galanin S. I., Silyanova E. A. Materials and technologies of Rene Lalik. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;4(42):52–58. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design, materials and technology – three components of jewelry. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2022;87(129):13–23. (In Russ.)
6. Galanin S. I. Decoration of jewelry surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of technical aesthetics and design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
7. Galanin S. I. Decorative electrochemical and chemical treatment of the surface of jewelry and art alloys\*. *Nauchnyj Vestnik Kostromskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta* [Scientific Vestnik of Kostroma State Technological University]. 2014;2. URL: <http://vestnic.kstu.edu.ru> (Accessed 02.02.2023). (In Russ.)
8. Galanin S. I. Features of processing of gems and organogenic formations for jewellery and art products // *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(47):33–39. (In Russ.)
9. Galanin S. I., Kolodiy-Tiajov L. A., Egorova M. G., Berezovsky V. A. Decorative properties of colored gold plating. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2017;4(48):30–34. (In Russ.)
10. Galanin S. I., Sobelman E. D., Kolupaev K. N. Research of decorative properties of color galvanic coverings on the silver surface. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2010;5:16–30. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Zhirova T. I. Features of design, construction and technology of manufacturing galvanoplastic jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;4:47–53. (In Russ.)

12. Galanin S. I., Anikin I. A. Laser dressing of the glass surface. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2014;17:14–21. (In Russ.)
13. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative methods of hot enameling. *Dizajn i tekhnologii* [Design and Technology]. 2019;69(111):6–16. (In Russ.)
14. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Muzykantova M. E. Cold epoxy enamels as design-decision surface of jewelry. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of technical aesthetics and design]. 2017;1:5–11. (In Russ.)
15. Lebedeva T. V., Muzykantova M. E., Galanin S. I. Formation of coatings cold epoxy enamels. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2016;25:15–24. (In Russ.)
16. Muzykantova M. E., Lebedeva T. V., Galanin S. I. Obtaining light-sensitive cold enamels based epoxy resins. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2016;25:25–36. (In Russ.)
17. Galanin S. I., Galamiy J. V. Research of forming color conversion films on the silver surface. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2010;5:86–99. (In Russ.)
18. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Oxidation and blackening of silver jewelry. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of technical aesthetics and design]. 2017;1:20–28. (In Russ.)
19. Galanin S. I., Viskovatyi I. S., Gladiyi J. P. Decorative electrochemical anodizing of 925 silver alloy surface\*. *Sb. tr. XVIII Vseross. nauchno-prakticheskoy konf. i smotra-konkursa tvorcheskikh rabot studentov, aspirantov i prepodavatelej po napravleniyu "Tekhnologiya hudozhestvennoj obrabotki materialov"* [Collection of works of the XVIII All-Russian scientific and Practical conference and review-competition of creative works of students, postgraduates and teachers in the direction of "Technology of artistic processing of materials"]. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ. 2015. P. 56–65. (In Russ.)
20. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
21. Galanin S. I., Popova L. V., Evgrafova J. P., Sokov S. A. Decorative colored chaps on titanium OT4-1 surface. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya*. [Design. Materials. Technology]. 2009;2(9):20–22. (In Russ.)
22. Galanin S. I., Sokolova L. A. Decoration of aluminum surface coloring of conversion covering. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2015;21:34–43. (In Russ.)
23. Galanin S. I. Laser technology in jewelry manufacturing\*. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2014. 108 p. (In Russ.)
24. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Selection of color characteristics of jewelry products and bijouterie during the design. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2019;39,2:108–113. (In Russ.)
25. Galanin S. I., Lyapina A. S. Research of coloristic characteristics of non-precious metals and alloys and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;1(39):17–24. (In Russ.)
26. Galanin S. I., Lyapina A. S. Coloring characteristics of a number of nonferrous metals and alloys for jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;2(38):29–35. (In Russ.)
27. Mironova L. N. Color – what is it? Course in colorism for designers\*. URL: <http://mironovacolor.org> (Accessed 02.02.2023).
28. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Troshina O. A., Ershov S. N. Research of engraving of various metals and alloys, used in jewellery production. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):40–47. (In Russ.)
29. Galanin S. I., Viskovatyi I. S. Electrochemical surface texturing of silver. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2015;51,4:332–338. (In Russ.)
30. Galanin S. I., Qin Lijuan. Three-dimensional carving on jade. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;4(50):11–18. (In Russ.)
31. Galanin S. I., Viskovatyi I. S., Kolupaev K. N. Design of complex contoured surfaces of metal. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;1(37):25–31. (In Russ.)
32. Galanin S. I., Sorokina M. V., Galanina A. S., Vorobiova E. A. Jewelry goods design with taken into account their surface finishing technology. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2008;4(7):3–7. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 3.02.2023

Принята к публикации 10.05.2023

---

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

Научная статья

УДК 677.017

EDN VPLBYJ

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-43-48

Виктория Владимировна Рыжкова<sup>1</sup>

Ольга Владимировна Иванова<sup>2</sup>

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

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

<sup>1</sup> vika141@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2132-1834>

<sup>2</sup> olgavladivanov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5173-0861>

## ОСОБЕННОСТИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РИСУНКОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности художественного проектирования рисунков для текстиля в современном дизайне. Особая роль отведена имитации природных материалов. Инструментами средового и художественного проектирования является фактура. Установлена роль фактуры как одного из главных средств художественной выразительности, которое наиболее явно отображает особенности строения и отделки поверхности; своеобразно подчеркнута значимость современных трендов как основы создания рисунков. В данной статье рассматриваются методы проектирования рисунков, выполняемых с помощью печати. Приведены примеры рисунков, выполненных разными методами, и схемы.

**Ключевые слова:** фактура, текстура, дизайн, текстильный дизайн, ткачество, мода, тренд

**Для цитирования:** Рыжкова В. В., Иванова О. В. Особенности художественного проектирования рисунков для текстиля // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 43–48. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-43-48>.

Original article

Viktoria V. Rizhkova<sup>1</sup>

Olga V. Ivanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian State University named after A. N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

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

## PARTICULARITIES OF ARTISTIC DESIGN OF PATTERNS FOR TEXTILES

**Abstract.** The article deals with the peculiarities of artistic design of patterns for textiles in modern design. A special role is given to the imitation of natural materials. The tools of environmental and artistic design are texture. The role of texture as one of the main means of artistic expression, most clearly reflects the peculiarities of structure and surface finish, the peculiarity is emphasized by the significance of modern trends as the basis for the creation of patterns. This article discusses methods of designing drawings executed with the help of prints. Examples of drawings made by different methods and schemes are given.

**Keywords:** texture, texture, design, textile design, weaving, imitation, fashion, trend

**For citation:** Rizhkova V. V., Ivanova O. V. Particularities of artistic design of patterns for textiles. Technologies & Quality. 2023. No 2(60). P. 43–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-43-48>.

Художественное проектирование рисунков для текстиля является самостоятельным направлением в дизайне. Оно базируется на глобальных трендах, выборе основных направлений для создания коллекции.

Современная модная индустрия включает в себя производство и сбыт модных товаров

(одежды, обуви, аксессуаров, предметов текстильного интерьера и др.). Главная особенность этого рынка – быстрая скорость изменений и конкуренция между модными брендами. Конкуренция предполагает уникальность, это дает почву для развития, понимания философии, стиля, ДНК бренда. Учитывая устойчивый рост доли дизайн-проектов, выполненных при помощи цифровых технологий, как на этапах проектиро-

© Рыжкова В. В., Иванова О. В., 2023

вания, так и продвижения, исследования в этой области являются актуальными [1].

Искусство украшения тканей возникло в глубокой древности. Человек очень рано ощутил потребность сделать свою одежду нарядной, а образ привлекательным. С появлением ткацкого станка художественная деятельность человека перенаправилась на украшение поверхности ткани орнаментальным рисунком.

Существует два способа художественного оформления текстильных изделий:

1) разработка и выполнение орнаментальных рисунков способом ткачества – путем переплетения нитей основы и утка на ремизном или жаккардовом оборудовании;

2) разработка и выполнение орнаментальных рисунков на тканях способом печати.

Создание орнаментального рисунка способом ткачества связано с технологическим процессом изготовления самой ткани. Одновременность этих двух процессов – художественного и технологического – позволяет добиться в рисунке разнообразных светотеневых и фактурных эффектов посредством разного отражения света от различных участков ткани, а также

эффектов оптического смешения цветов пряжи основы и утка в полотне ткани. Специфическая выразительность ткацкого узора обеспечивается использованием переплетений разных структур, сочетанием нитей разного волокнистого состава, применением разной пряжи [2].

Ткань, ее рисунок, фактура и пластические свойства способны активно воздействовать на развитие той или иной модной тенденции в costume, на его форму и конструкцию. Текстильный дизайнер, обладая высокой художественной культурой и насмотренностью, должен уметь создавать современные модные рисунки, угадывать и чувствовать их перспективу, предвидеть тенденцию их изменений [2].

Печатный текстиль представляет собой крупный сегмент рынка и вносит значительный вклад в общее развитие отрасли. Исторически сложилось так, что трафаретная печать доминировала на рынке печатного текстиля, но цифровые технологии продолжают завоевывать рынок [3].

Несмотря на множество рисунков и орнаментов, накопленных веками, количество способов их создания ограничено (табл.).

Т а б л и ц а

Методы создания рисунков

Метод	Характеристика
Математический	Наиболее часто используемый метод для разработки нового рисунка. Основные подходы включают операции с изображениями: вращение, инверсия и зеркальное отображение
Шаблонный	Основан на создании мотива, который наполнен уже известными узорами. Комбинация мотивов также может быть организована созданием нового рисунка сложным или уникальным
Исторический	Культурные традиции, используемые в народном орнаменте, предметы, костюмы или текстиль для интерьера также являются источником вдохновения для новых разработок узоров. Метод также может включать имитацию узоров от других ремесел, например вышивки или вязания

В работе рассматривается художественное проектирование рисунков, выполняемых с помощью способа печати.

Рассмотрим техники художественного проектирования рисунков. Условно их можно разделить на три метода: мануальный, цифровой и комбинированный.

Третий метод представляет для нас наибольший интерес с точки зрения проектирования и открывает большие возможности для творчества.

На рисунке 1 представлена схема техник художественного проектирования. Для творческого воплощения замыслов дизайнера важно грамотное применение законов композиции и средств гармонизации объемно-пространственных форм.

**Первый метод – мануальный.** Под ним понимается создание рисунков тканей полно-

стью «от руки» без применения сложных технических средств, но с использованием различных художественных материалов и приемов. Мануальное проектирование в сфере текстильного дизайна пользуется популярностью. Это связано с появлением новых художественных стилей (например, гиперреализм) и с популярностью ручных художественных техник, например акварель (рис. 2).

**Второй метод – цифровой,** создание рисунков происходит с помощью информационных технологий, специализированных программ [4]. Наиболее популярным программным обеспечением для создания цифровых эскизов являются такие графические редакторы, как *Adobe Photoshop*, работающий преимущественно с растровыми изображениями, и *Adobe Illustrator* – с векторными инструментами. *Adobe Illustartor* помогает быстро преобразовывать отрисован-

ные и отсканированные эскизы, фотографии или иные растровые изображения в редактируемые векторные контуры, создавать векторную графику любого уровня сложности и динамичности. С его помощью можно имитировать рисунки, созданные мануальным методом.

К цифровому также относятся следующие методы.

**Фотопринт** – цифровой метод, рисунки создаются из фотографий, причем фотографии могут быть любых объектов. Далее при помощи различных операций с изображениями получаются различные рисунки (рис. 3).

**Нейронные сети** – изображения, генерируемые нейронными сетями, гораздо более разнообразны и непредсказуемы, чем те, которые получены другими алгоритмами.

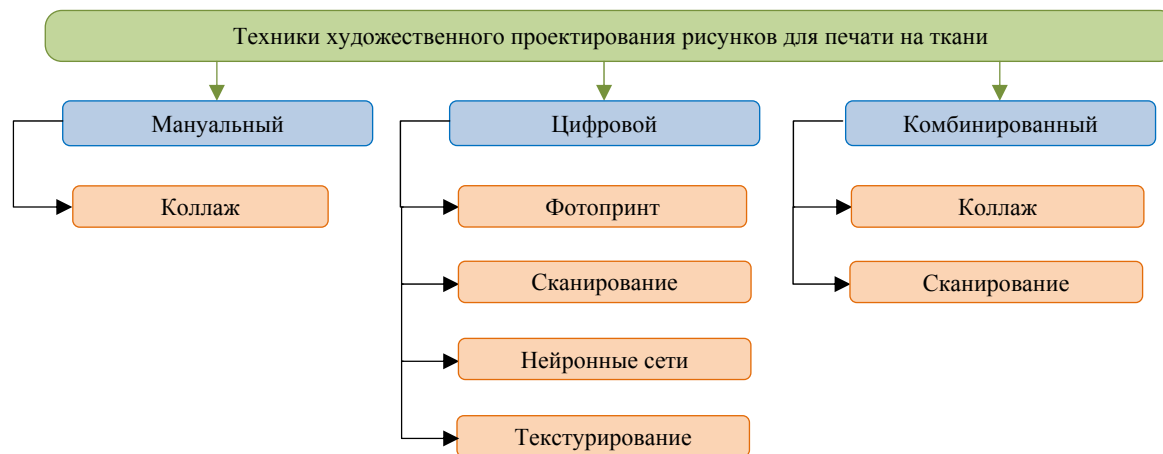


Рис. 1. Методы техник проектирования



Рис. 2. Работа, выполненная акварелью



Рис. 3. Фотопринт для платья из фотографии. Работа В. Рыжковой

Обученная генеративная нейронная сеть представляет собой сложную функцию, которая сопоставляет набор случайных чисел с изображениями. Наиболее интересные рисунки получаются, когда сеть обучена достаточно хорошо, но при этом может создавать невозможные комбинации и артефакты. Сеть рассчитывает случайные числа в определенном диапазоне, поэтому изменение этого диапазона может запутать сеть и заставить ее генерировать менее точные изображения.

Обученная сеть будет производить уникальные изображения [5], которые выглядят как оригинал, но не дублируют их, а разнообразие и тип изображений будут зависеть от обучающих данных (рис. 4).

**Сканирование.** Данный метод применяется давно для оцифровки изображений, выполненных мануальным методом, но также этот метод интересен тем, что появились сканеры для текстиля. Сканер эффективно измеряет и сохраняет параметры, включая текстуру, прозрачность, цвет и размер, что обеспечивает высокоточную виртуализацию сложных материалов. Цифровая визуализация материалов в процессе проектирования позволяет принимать более эффективные решения относительно силуэта продукта, материала, деталей дизайна и цветовых решений. Файлы можно использовать в большинстве основных приложений для управления жизненным циклом продукта, автоматизированного проектирования и рендеринга. На рис. 5

представлен рендер материала с помощью сканера [6].

**Текстурирование.** Этот метод создаст текстуру и подчеркнет фактуру материала. Текстура поверхности достигается с помощью манипулирования материалами. Игра фактур и текстур в современном дизайне обостряет ощущения человека на зрительном и тактильном уровнях. Наиболее это эффективно там, где условия эксплуатации предметов дизайна требуют многослойности [7].

Текстуры создаются с помощью различных программ. Они бывают 2D и 3D. В основном текстильные дизайнеры работают в программах векторной и растровой графики – *Adobe Photoshop*, *Adobe Illustrator* для создания рисунков и текстур, эти программы относятся к 2D-графике. И если говорить про 3D-графику, то используют программу *Substance Designer*. Это более современный подход в проектирова-

нии различных рисунков и текстур, так как данная программа используется для создания игр и фильмов, а значит, с ее помощью могут достигаться более реалистичные эффекты. Созданные текстуры легко импортировать в другие программы визуализации или моделирования, такие как *CLO 3D*, *Marvelous Designer* и др.

Текстуры во всех пакетах трехмерной графики являются либо растровыми, либо процедурными. Растровые текстуры – это обычные растровые изображения, которые могут быть получены любым способом: фотографии, видео, сканы или в самодельных редакторах растровой графики и т. д. Процедурные текстуры – это текстуры, которые рисуются по определенному алгоритму (математической формуле). Эти текстуры не очень детализированы, но они полезны для создания сложных материалов, где используются для смешивания растровых текстур.



Рис. 4. Пример создания изображений с помощью нейронной сети: верхний ряд – исходные фотографии; нижний – результат



Рис. 5. Рендер материала X-Rite. © X-RiteEurope GmbH

Существует множество вариантов текстур. Моделям в материале могут быть присвоены различные параметры, и каждый из них по-разному влияет на внешний вид материала. Сущест-

вуют параметры для цвета, отражения, рефлексии, рельефа и многие другие. Для каждого из этих параметров должна быть создана отдельная текстура. Некоторые параметры материала по-

нимают и работают с цветом и поэтому требуют цветной текстуры. Некоторые не понимают цвета пикселей и нуждаются в полутоновой текстуре. Поэтому для 3D-моделей обычно создается полный набор текстур. По умолчанию набор текстур выглядит следующим образом:

- цвет – указывает, какого цвета должна быть область модели;
- выделения – показывают блестящие или матовые части модели;
- шероховатость – создает иллюзию рельефа поверхности;
- рельеф – создает настоящий рельеф на поверхности;
- прозрачность – указывает на прозрачные или полупрозрачные части поверхности модели [8, 9].

Процесс создания текстур по принципу их получения можно разделить на три вида.

1. **Фотограмметрия** – это оцифровка объектов из реального мира с помощью сканирования. Склейки множества фотографий одного объекта с разных углов.

2. **Мануальный метод** – рисование текстур вручную.

3. **Процедурная генерация**. Этот способ строится на настройке параметров, добавлении паттернов, смешивании слоев с разными эффектами и т. д.

*Substance Designer* – самый популярный софт для создания процедурных текстур (рис. 6а).



а

Работа здесь идет с помощью нод. Ноды – это отдельные блоки (их еще называют узлами), которые выполняют определенные операции и имеют один или несколько различных выходов и входов. Каждая нода – операция, добавляющая или обрабатывающая изображение. Ноды складываются в цепочку действий, которая и приводит к результату – готовой текстуре. И на любом этапе создания материала можно вернуться к любому действию и изменить его.

**Комбинированный метод**, или **метод коллажа**, используется как в первом, так и во втором методе. Коллаж может быть цифровой и аналоговый (бумажный) (рис. 6б). Эта техника предусматривает не только работу с бумагой, но также и с тканью, трикотажем и другими материалами. Примером коллажа из обрезков тканей, сшитых вместе, является пэчворк.

## ВЫВОДЫ

Развитие информационных технологий и их использование в художественном проектировании рисунков становится разнообразным и генеративным.

Предложена классификация техник художественного проектирования для создания рисунков для печати на текстиле. Рассмотрены современные инструменты для создания орнаментальных композиций. Систематизированы варианты текстур.



б

Рис. 6. Текстура материала в Substance Designer от Charlie Foreman (а) и коллаж Sebastian Onufszak MINI Vision Urbanaut (б)

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова О. В., Аккуратова О. Л. Цифровые технологии в дизайне авторских фактур для одежды и интерьерного текстиля // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 68–71
2. Козлов В. Н. Основы художественного оформления текстильных изделий : учебник для вузов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. 264 с.
3. Sharma P. A Study on the Effect of Fabric Structure and Finishing on Perceived Image Quality // Rochester Institute of Technology. URL: <https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11243&context=theses> (дата обращения: 25.01.2023).



4. Иванова О. В., Аккуратова О. Л. Практические аспекты проектирования авторских фактур в условиях кастомизированного производства // Дизайн и технологии. 2020. № 75(1). С. 14–23.
5. Иванова О. В. Технологии дизайн-мышления при проектировании и продвижении объектов предметной среды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Кострома, 20 марта 2020 г.) : в 2 ч. / Костром. гос. ун-т ; сост. Т. В. Лебедева ; отв. ред. Н. Н. Муравская. Кострома : КГУ, 2020. Ч. 1. С. 42–46.
6. Рыжкова В. В., Иванова О. В. Современные подходы к проектированию художественных текстильных полотен // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex). 2022. № 1. С. 296–298.
7. Бесчастнов Н. П., Рыбаулина И. В., Дергилёва Е. Н. Фактура, текстура и техноорнамент в современном дизайне: функция и художественный смысл // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 40–45.
8. Рыжкова В. В. Компьютерное моделирование при разработке тканых полотен // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности : сб. материалов Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием. Ч. 4. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. С. 37–40.
9. Рыжкова В. В. Исследование элементов автоматизированной разработки тканых полотен с использованием компьютерного моделирования // Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2021) : тезисы докл. 73-й Внутривузов. науч. студ. конф. Ч. 1. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. С. 154–155.

## REFERENCES

1. Ivanova O. V., Akkuratova O. L. Digital technologies in design of author's textures for clothes and interior textile. *Tekhnologii i Kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52):68–71. (In Russ.)
2. Kozlov V. N. Fundamentals of artistic design of textile products. Moscow, Light and Food Industry Publ., 1981. 264 p. (In Russ.)
3. Sharma P. A Study on the Effect of Fabric Structure and Finishing on Perceived Image Quality. Rochester Institute of Technology. URL: <https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11243&context=theses> (Accessed 25.01.2023).
4. Ivanova O. V., Akkuratova O. L. Practical aspects of designing author's invoices in the conditions of customized production\*. *Dizajn i tekhnologii* [Design and technology]. 2020;75(1):14–23. (In Russ.)
5. Ivanova O. V. Technologies of design thinking in design and promotion of objects of object environment. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Scientific research and development in the field of design and technology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Kostroma, Kostrom. St. Univ. Publ., 2020, P. 1. Pp. 42–46. (In Russ.)
6. Ryzhkova V. V., Ivanova O. V. Modern approaches to design of artistic textile fabrics // *Fizikavoloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkietekhnologiiimaterialy (SMARTEX)* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)]. 2022;1:296–298. (In Russ.)
7. Beschastnov N. P., Rybaulina I. V., Dergileva E. N. Texture, Texture and Technoornament in Modern Design: Function and Artistic Meaning. *Tekhnologii i Kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):40–45. (In Russ.)
8. Ryzhkova V. V. Computer simulation in the development of woven fabrics. *Innovacionnoe razvitie tekhniki i tekhnologii v promyshlennosti* [Innovative development of engineering and technology in industry]. P. 4. Moscow, RGU im. A. N. Kosygina Publ., 2021. Pp. 37–40. (In Russ.)
9. Ryzhkova V. V. The study of elements of computer-aided design of woven fabrics using computer simulation. *Molodie uchenie – innivacionnomy razvitiu obzestva (MIR-2021)* [Young scientists – innovative development of society (MIR-2021) : abstracts of the 73rd Intramural Scientific Student Conference]. P. 1. Moscow, RGU im. A. N. Kosygina Publ., 2021. Pp. 154–155 (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 9.02.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

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

Научная статья

УДК 671.12

EDN ANGSMV

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-49-54

Научная статья

**Надежда Александровна Заева**<sup>1</sup>

**Алла Германовна Безденежных**<sup>2</sup>

**Светлана Игоревна Каргина**<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> ju\_pirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0789-7132>

<sup>2</sup> agranov2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0744-0386>

<sup>3</sup> s\_kargina@ksu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2919-0074>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РАБОТЕ ХУДОЖНИКА-ДИЗАЙНЕРА ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос о комплексе технических требований к дизайн-проекту ювелирного изделия. В отличие от графического дизайна, не требующего воплощения проекта в материале, ювелирный дизайн можно считать реализованным только в том случае, если изделие изготовлено или может быть успешно воплощено в жизнь без утери художественных и образных характеристик. Эмоционально окрашенный творческий процесс неразрывно связан с инженерным и интеллектуальным подходом к решению проблем, в том числе с подготовкой конструкторской документации. Использование системы трехмерного проектирования при создании ювелирно-художественных изделий не только ускоряет процесс дизайнерского воплощения идеи, но и помогает максимально точно и технически верно перенести эти идеи в промышленное производство.

**Ключевые слова:** ювелирное изделие, дизайн-проект, конструкторская документация, инженерная графика, система трехмерного проектирования, эскизирование, модульные композиции

**Для цитирования:** Заева Н. А., Безденежных А. Г., Каргина С. И. Использование систем автоматизированного проектирования в работе художника-дизайнера ювелирных изделий // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 49–54. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-49-54>.

Original article

**Nadezda A. Zaeva**<sup>1</sup>

**Alla G. Bezdenezhnykh**<sup>2</sup>

**Svetlana I. Kargina**<sup>3</sup>

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

## THE USE OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS IN THE WORK OF AN ARTIST-DESIGNER OF JEWELRY

**Abstract.** The article deals with the issue of a set of technical requirements for the design project of a jewelry. Unlike graphic design, which does not require the implementation of the project in the material, jewelry design can be considered realized only if the product is manufactured or can be successfully implemented without loss of artistic and figurative characteristics. An emotionally colored creative process is inextricably linked with an engineering and intellectual approach to problem solving, including the preparation of design documentation. The use of a three-dimensional design system in the creation of jewelry and art products not only accelerates the process of design implementation of the idea, but also helps to transfer these ideas into industrial production as accurately and technically as possible.

**Keywords:** jewellery, design project, design documentation, engineering graphics, three-dimensional design system, sketching, modular compositions

**For citation:** Zaeva N. A., Bezdenezhnykh A. G., Kargina S. I. The use of computer-aided design systems in the work of an artist-designer of jewelry. Technologies & Quality. 2023. No 2(60). P. 49–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-49-54>.

© Заева Н. А., Безденежных А. Г., Каргина С. И., 2023

Дизайн-проект ювелирного изделия – это не только привлекательно оформленный графический лист, это двух- или трехпроекционное изображение объемно-пространственного объекта, которое предшествует изготовлению изделия в каком-либо драгоценном материале. Успешный проект предполагает соответствие не только художественным, но и определенным техническим требованиям [1–5]. Правильно сформулированные технические проектные задачи помогают создавать эргономически верные и устойчивые в использовании конструкции с учетом физических свойств сплавов, из которых будет изготовлено изделие (пластичность, твердость, устойчивость к износу). Важным аспектом является подготовленность проекта для выполнения на конкретном производстве в технологическом цикле. Это может быть литье по выплавляемым моделям, штамповка, гальванопластика или смешанная техника изготовления различных деталей одного изделия. Технологические параметры изделий, определенные стандартизированным размером вставок унифицированных деталей, толщинами «проливки» металла и воска, непременно учитываются художником в процессе проектного осмысления. Например, толщина металла изделия из золота 585 пробы может быть заложена на 0,1...0,2 мм меньше, чем для изделий из сплавов серебра 925 пробы (толщина стенки кольца, серьги, диаметр или сечение крапана).

Обработка конкретного сплава в заданных технологических процессах (например, галтовке) приводит к съему абразивными материалами с поверхности изделия определенного слоя, что тоже учитывается при изготовлении продукции [6–10]. При наличии крупных полированных поверхностей у тонкостенных изделий дополнительными литниками-питателями могут служить запланированные ребра жесткости. Расположение вставок стандартных размеров на поверхности изделия в соответствии с техническим заданием (размер, качество, огранка) происходит уже в проекте таким образом, чтобы при построении 3D-модели общая композиция и силуэт изделия не потеряли гармонии. В производственных изделиях с эмалями, выполняемыми в технике литья по выплавляемым моделям, необходимо задать толщину перегородки не менее 0,35...0,4 мм, иначе непременно возникнут сложности с «проливкой» восковой модели. Это лишь малая часть технологических ограничений, которые обязан учитывать дизайнер ювелирных изделий. Возникает вопрос: как в графическом проекте объемного изделия через

проекцию донести до заказчика или ювелира-исполнителя все нюансы, задуманные автором?

Разделение обязанностей дизайнера-проектировщика и 3D-модельера почти на всех производствах приводит к частому конфликту между необходимостью сохранить дизайнерское решение и соблюсти все условия технологического цикла [11, 12]. Составные части инженерной графики (чертежи, поясняющие каждую проекцию, укрупненное масштабирование для указания невидимых в проекте размеров и подробной детализации декоративных элементов, сечения, разрезы) могут быть успешно использованы при создании художественного проекта ювелирного изделия. Конечно, точность и детализовка не обязаны быть такими подробными, как в машиностроении или приборостроении, но передача конструктивных особенностей изделия при помощи системы трехмерного проектирования (например, российского программного продукта Компас-График и Компас-3D) помогает избежать сложностей в производственных взаимоотношениях на этапах создания ювелирного изделия.

Процесс эскизирования художником-дизайнером проводится на основе технического задания (ТЗ). В ТЗ может быть указан вес, огранка, ценовая категория или цвет вставки, предложения по стилистическим характеристикам в зависимости от предполагаемой целевой аудитории. Несомненно, учитываются тенденции рынка сбыта и аналитические данные о продажах предприятия-заказчика [13–15].

Когда предварительный эскиз утвержден, принимается решение о наиболее рациональном изображении будущего изделия на проекте. В простых и понятных серийных изделиях иногда достаточно бывает двух видов (проекций).

Однако в изделиях пустотелых, многodelьных, сложных по конструкции необходимо дополнительно воспользоваться универсальной системой автоматизированного проектирования Компас-график и Компас-3D. Эти системы позволяют получить ассоциативные проекции по модели изделия, автоматически воссоздать разрезы/сечения, определить центр и вес изделия. Гибкость настройки системы и поддержка распространенных форматов дает возможность оперативно работать с эскизом и 3D-моделью будущего изделия.

На примере самой крупной детали кольцо (рис. 1) рассмотрим вариант изображения плоскостной конструкции, имеющей разноуровневые элементы и небольшое искривление поверхности.

Кроме основных размеров декоративных деталей элемента на чертеже (рис. 2) указаны разрезы А-А и Б-Б, на которых появилась возможность более точно указать высоты и профили металлических конструкций. На разрезе А-А видим угол наклона посадочного места для вставки, размер крапана, расположение в пространстве внутренних декоративных дуг и вы-

соту ступеней внешних «зубцов». Разрез Б-Б позволяет подробнее пояснить искривление поверхности детали и толщину металлической основы. Таким образом, приступая к построению в 3D-программе данного элемента, мы имеем точное представление об объемно-пластическом решении формы.



Рис. 1. Декоративные элементы колье

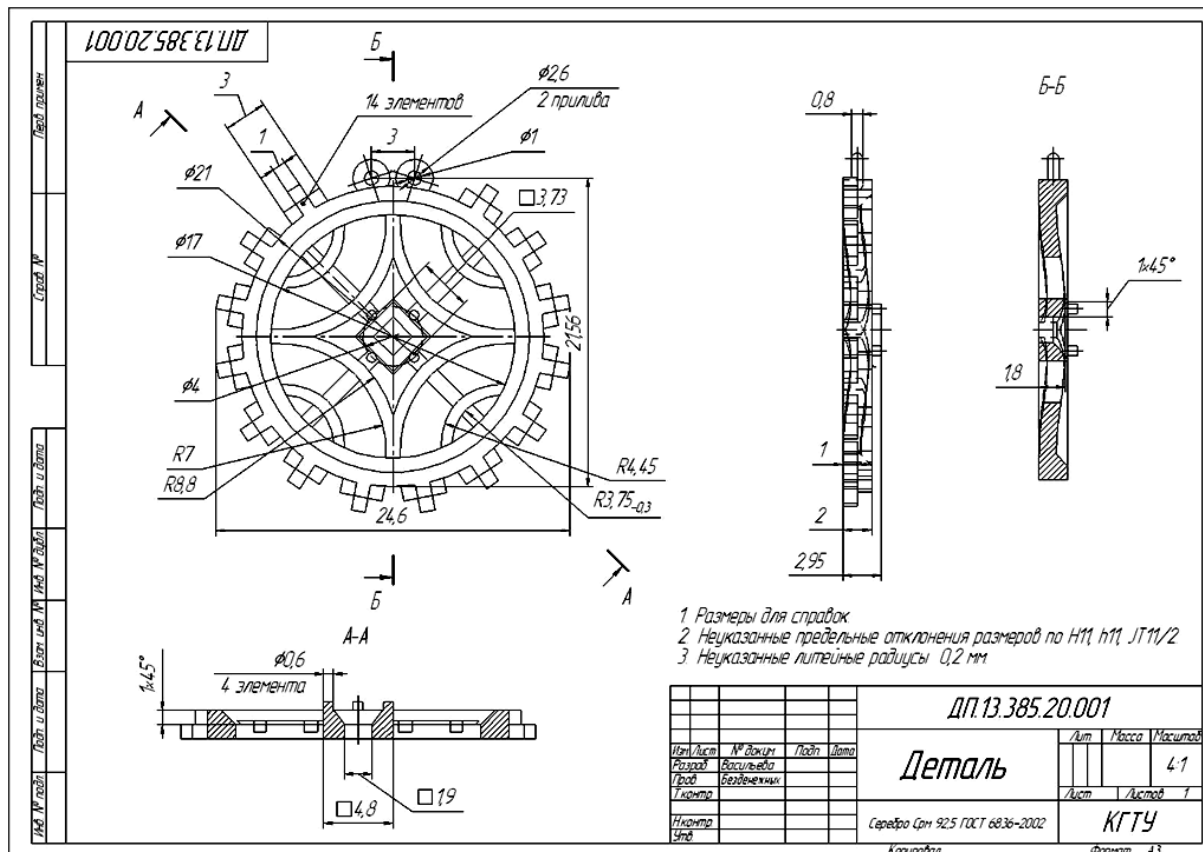


Рис. 2. Чертеж декоративного элемента колье

В том случае, если проектируемая форма имеет сложную геометрию (поднутрения, выборки, внутренние полости), количество разрезов и сечений может быть увеличено. Однако, в отличие от машиностроительных чертежей, чертежи сложных по линейной графике ювелирных изделий могут сопровождаться проектами, выполненными в 2D векторных редакторах (CorelDraw). Тогда из векторного редактора проект можно перенести в 3D-программу и использовать для построения точных проекционных видов.

Отдельно стоит разобрать процесс моделирования: перевода графического проекта в объемно-пространственный 3D-объект. Опыт и квалификация 3D-модельера, его навыки работы с металлом и четкое представление о процессе производства (литье, обработке модели, монтировочных работах, закреплке вставок, финишных операциях) играют ключевую роль в получении качественной модели. Однако не стоит игнорировать роль художника ювелирных изделий, ведь не всегда опытный 3D-модельер имеет художественное образование и видит композиционные объемно-пространственные гармонии. Карандашный рисунок при большом увеличении не дает возможности выстроить точные очертания модели. Оптимизация и геометризация построений в 3D-программах зачастую требует ручной доработки и поправок в ключевых композиционных точках. В этом случае соответствие ювелирного рисунка техническим требованиям и векторная графика, заданная в проекте, помогут добиться максимально успешного художественно-технического результата. Поднутрения в облегченных изделиях, съем металла при финишной обработке поверхностей, посадочные изменения модели после литья, центр тяжести и равновесное расположение асимметричных декоративных элементов – эти условия также важны и учитываются как художником, так и модельером. Например, программа Materialise Magics также позволяет за счет встроенных опций рассчитать центр тяжести изделия и его вес в том или ином материале. Однако преимущества использования, в частности, российских систем автоматизированного проектирования Компас-график и Компас-3D в создании проектов ювелирно-художественных изделий

закключается в изображении линейного контура предметов с соблюдением конкретных размеров, посадочных мест и толщин, необходимых для успешного выполнения изделий в материале и заданной технологии, т. е. форма готового изделия будет соответствовать авторскому замыслу. Это позволяет значительно ускорить работу над проектами, предполагающими многократное повторение деталей – модульные композиции. На рис. 3 представлен проект ожерелья, состоящего из группы повторяющихся модулей. Все элементы модуля (соединительные кольца, посадочные места для вставок, углубления ячеек для эмалирования) спроектированы в программе CorelDraw с соблюдением всех технических требований, что позволяет реализовать проект в материале с максимальной точностью.

Приобретение студентом навыков выполнения конструкторских работ с использованием автоматизированных систем подготовки чертежно-графической документации повышает его квалификацию как технического специалиста. Именно это является аргументом в пользу внесения в обязательную программу обучения как распространенных графических систем Компас, CorelDraw, AutoCAD, но и программ, предоставляющих возможность визуализации графических объектов.

## ВЫВОДЫ

1. Разработка дизайн-проекта ювелирных изделий с позиций технологии их современного проектирования и изготовления демонстрирует тесную связь процесса эскизирования с моделированием в объемно-пространственный 3D-объект.

2. Использование системы трехмерного проектирования при создании ювелирно-художественных изделий не только ускоряет процесс дизайнерского воплощения идеи, но и помогает максимально точно и технически верно перенести эти идеи в промышленное производство.

3. Оптимизация и геометризация построенных ювелирных изделий в российских системах автоматизированного проектирования Компас-график и Компас-3D позволяет значительно ускорить работу над проектами, предполагающими многократное повторение деталей – модульные композиции.

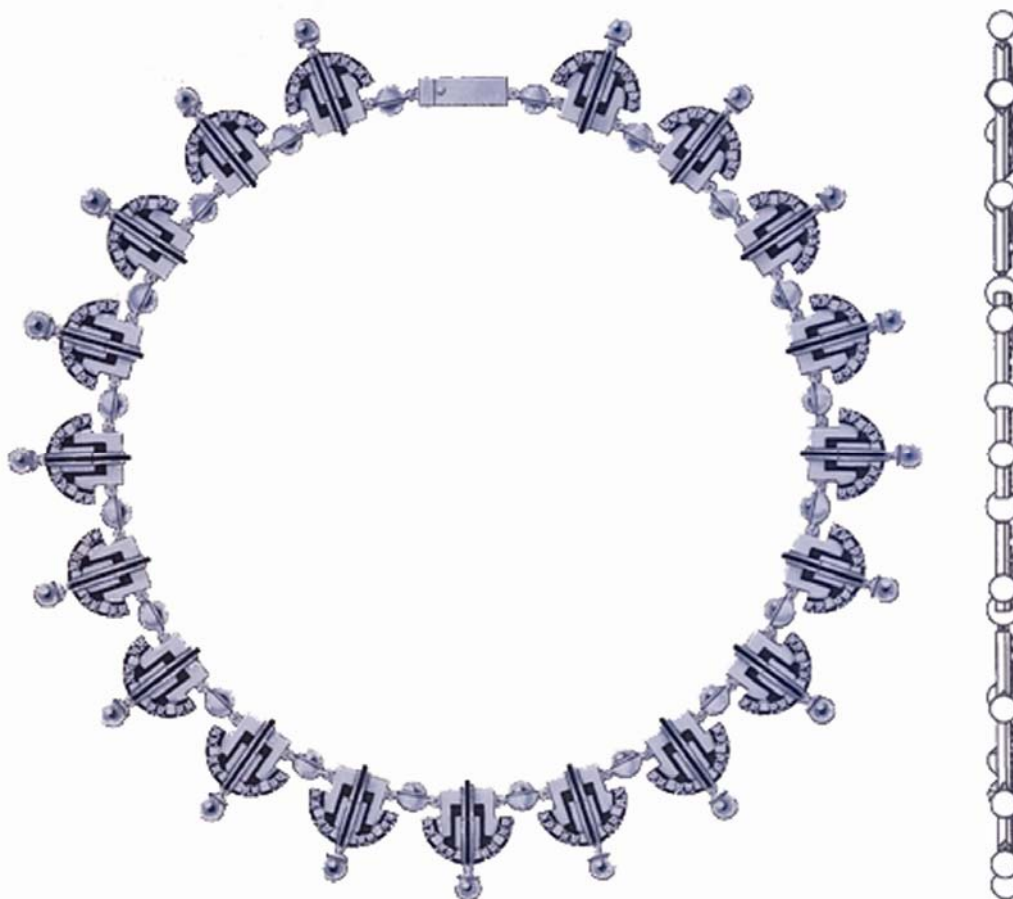


Рис. 3. Ожерелье с повторяющимися деталями

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безденежных А. Г., Заева Н. А., Каргина С. И. Ювелирный гарнитур как продукт синтеза ювелирной техники и 3D-проектирования // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2015. Т. 29, № 3. С. 123–127.
2. Галанин С. И., Груздева Л. А. Создание ювелирной торговой марки в современной России // Технологии и качество. 2019. № 1(43). С. 26–31.
3. Галанин С. И., Котова К. В. Модные тренды и бижутерия // Технологии и качество. 2019. № 2(44). С. 26–34.
4. Заева Н. А., Безденежных А. Г., Макарова М. С. Методология формирования объемно-пространственных композиций при проектировании ювелирного гарнитура студентами творческих направлений // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2016. № 2. С. 72–75.
5. Заева Н. А., Безденежных А. Г., Шорохов С. А. Использование проектного обучения в подготовке дизайнера-ювелира в высшей школе // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3. Экономические, гуманитарные и общественные науки. 2020. № 2. С. 111–114.
6. Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 58–64.
7. Заева Н. А., Безденежных А. Г. Проектирование современных ювелирных изделий с подготовкой конструкторско-технологической документации : учеб. пособие. Кострома : КГУ, 2017. 91 с.
8. Разумова Е. С., Безденежных А. Г., Заева Н. А. Методы проектирования украшений-трансформеров // Технологии и качество. 2017. № 2(38). С. 25–28.
9. Галанин С. И., Жирова Т. И. Использование 3D-моделей из токопроводящих пластиков для гальванопластики // Технологии и качество. 2020. № 1(47). С. 26–31.
10. Максимова-Анохина Е. Н. Понимание формы и приемы ее анализа при обучении дизайнеров ювелирных изделий // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 53–58.

11. Галанин С. И., Ляпина А. С. Колористические характеристики ряда цветных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2017. № 2(38). С. 29–35.
12. Галанин С. И., Жирова Т. И. Особенности дизайна, конструкции и технологии изготовления гальванопластических ювелирных изделий // Технологии и качество. 2021. № 4. С. 47–53.
13. Галанин С. И., Ляпина А. С. Исследование колористических характеристик недргоценных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2018. № 1(39). С. 17–24.
14. Галанин С. И., Висковатый И. С., Колупаев К. Н. Дизайн сложнопрофильных металлических поверхностей // Технологии и качество. 2017. № 1(37). С. 25–31.
15. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.

## REFERENCES

1. Bezdenezhnyh A. G., Zaeva N. A., Kargina S. I. Jewelry set as the product of the synthesis of the jewelry art and 3D design. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2015;29,3:123–127. (In Russ.)
2. Galanin S. I., Gruzdeva L. A. Creating a jewellery brand in modern Russia. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology & quality]. 2019;1(43):26–31. (In Russ.)
3. Galanin S. I., Kotova K. V. Modern trends and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2019;2(44):26–34. (In Russ.)
4. Zaeva N. A., Bezdenezhnykh A. G., Makarova M. S. Methodology of forming three-dimensional compositions when designing a jewelry set by students of creative directions. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 3. Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennyye nauki* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 3. Economic, Humanitarian and Social Sciences]. 2016;2:72–75. (In Russ.)
5. Zaeva N. A., Bezdenezhnyh A. G., Shorohov S. A. The use of project training in the training of a designer-jeweler in high school. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 3. Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennyye nauki* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 3. Economic, Humanitarian and Social Sciences]. 2020;2:111–114 (In Russ.)
6. Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in enamels by Ilgiz Fazulzyanov. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;2(56):58–64. (In Russ.)
7. Zaeva N. A., Bezdenezhnyh A. G. Design of modern jewelry with preparation of design and technological documentation. Kostroma, Kostrom. St. Univ. Publ., 2017. 91 p. (In Russ.)
8. Razumova E. S., Bezdenezhnyh A. G., Zaeva N. A. Transformer jewellery design methods. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality] 2017;2(38):25–28 (In Russ.)
9. Galanin S. I., Zhironova T. I. Using 3D models from conductive plastic for galvanoplastics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;1(47):26–31. (In Russ.)
10. Maksimova-Anokhina E. N. Understanding the form and techniques of its analysis when teaching jewellery designers. *Technologies & Quality*. 2022;1(55):53–58. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Lyapina A. S. Color characteristics of a number of non-ferrous metals and alloys for jewelry and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;2(38):29–35. (In Russ.)
12. Galanin S. I., Zhironova T. I. Features of design, construction and technology of manufacturing galvanoplastic jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;4(54):47–53. (In Russ.)
13. Galanin S. I., Lyapina A. S. Research of colouristic characteristics of non-precious metals' and alloys' and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2018;1(39):17–24. (In Russ.)
14. Galanin S. I., Viskovatyj I. S., Kolupaev K. N. Design of complex contoured surfaces of metal. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;1(37):25–31. (In Russ.)
15. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

Научная статья

УДК 74.01.09

EDN ARCILI

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-55-61

Любовь Вадимовна Мочалова<sup>1</sup>

Ирина Юрьевна Мамедова<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>l.v.mochalova@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2380-7207>

<sup>2</sup>mamedova\_umu@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4538-664X>

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА В РАЗРАБОТКЕ ДИЗАЙНА ИНТЕРФЕЙСА

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются методы исследования пользовательского опыта, которые применяются при разработке дизайна продуктов. Анализируются примеры проведения подобных исследований из реальной практики дизайнеров всего мира. Поднимается вопрос, какие методы и для решения каких задач были применены в каждом конкретном случае. Оценивается рациональность применения данных методов в рассматриваемых примерах, а также то, какие результаты были получены таким образом. Выявляются наиболее часто применяемые методы. По итогу проделанной работы формулируется вывод о распространенности качественных методов исследований в разработке дизайна интуитивно понятных продуктов и услуг.

**Ключевые слова:** дизайн интерфейса, исследования пользовательского опыта, веб-дизайн, веб-продукт, методы, интервью, юзабилити-тестирование

**Для цитирования:** Мочалова Л. В., Мамедова И. Ю. Методы исследования пользовательского опыта в разработке дизайна интерфейса // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 55–61. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-55-61>.

Original Article

Lyubov V. Mochalova<sup>1</sup>

Irina Yu. Mamedova<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>l.v.mochalova@yandex.ru

<sup>2</sup>mamedova\_umu@mail.ru

## METHODS OF USER EXPERIENCE RESEARCH INTERFACE DESIGN DEVELOPMENT

**Abstract.** This paper discusses methods of user experience research used in the development of product design. Examples of such studies from the real practice of designers from all over the world are analyzed. The question is raised which methods and for which tasks were used in each specific case. The rationality of using these methods in the examples under consideration is evaluated, as well as what results were obtained in this way. The most frequently used methods are identified. Based on the results of the work done, a conclusion is formulated about the prevalence of qualitative research methods in the design of intuitive products and services.

**Keywords:** interface design, user experience research, web design, web product, methods, interviews, usability testing

**For citation:** Mochalova L. V., Mamedova I. Yu. Methods of user experience research interface design development. Technologies & Quality. 2023. No 2(60). P. 55–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-55-61>.

В современном мире из-за большой конкуренции дизайну веб-продукта (сайта или приложения) недостаточно быть более привлека-

тельным, чем у конкурентов. Главным показателем качественного дизайна является удобство использования разработанного продукта. Однако создать по-настоящему удобный продукт невозможно без изучения его пользователей, что-

© Мочалова Л. В., Мамедова И. Ю., 2023



бы узнать их нужды и потребности, особенности использования сайтов и приложений. Только на основе таких исследований разрабатываются по-настоящему удобные, человекоориентированные и востребованные продукты в дизайне интерфейсов.

**Целью данной работы** является изучение различных реальных примеров (кейсов) проведения исследований пользовательского опыта для выявления наиболее часто используемых методов в разработке дизайна продуктов и услуг.

Два понятия, считающиеся основными, используются при дизайн-разработке графических пользовательских интерфейсов:

- **пользовательский интерфейс** – это создание визуально воспринимаемой части интерфейса, он определяет эмоциональную связь между пользователем и интерфейсом;
- **пользовательский опыт** – определяет качество полученного пользователем опыта (впечатления) при работе с созданным интерфейсом, отвечает на вопрос об успешности достижения цели, а также простоте или сложности ее достижения (рис. 1).

Дизайнер пользовательского опыта должен разработать сценарий, отвечающий на вопрос о том, как именно и какую цель можно достичь пользователю в результате взаимодействия с данным цифровым продуктом.

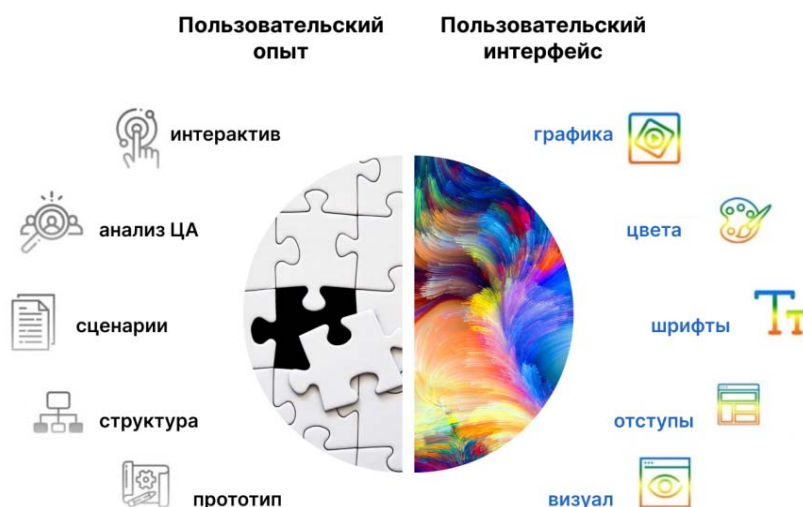


Рис. 1. Пользовательский опыт и пользовательский интерфейс

Ключевым показателем качества сайта является визуальная привлекательность и удобство пользовательского интерфейса. Это так же, как грамотная структура и логичная навигация по подразделам ресурса, способно привлечь посетителя и способствовать улучшению функциональности сайта. Главной задачей при проектировании интерфейса является создание максимального удобства для пользователя. Желаемые результаты должны достигаться при затрате минимума усилий [1].

Однако чтобы убедиться, действительно ли разработанный интерфейс понятен и удобен для человека, необходимо провести исследование пользовательского опыта.

Подобное исследование является инструментом, способствующим получению данных по имеющимся проблемам и полезным инсайтам, годных к использованию при создании продукта.

При отсутствии исследования происходит удлинение времени разработки и удорожание процесса. Далее приведена классификация ис-

следований и определены виды исследований, наиболее важные для работы (рис. 2) [2].

При создании конкретного проекта нет необходимости в использовании всех методов для пользовательского исследования сразу, однако применение выборочных методов при комбинировании всех инсайтов сделает проект определенно выигрышным. Выбор методов велик, но дизайнеры и в настоящее время часто применяют только один или два метода, основываясь на их известности и привычке работы с ними.

Методы исследований можно сгруппировать на основании следующих параметров:

1. **Поведенческие и изучение отношения** (мнения). Это исследование поведения пользователя в разных ситуациях или его отношения к тем или иным явлениям.

2. **Качественные и количественные**. Позволяют понять причины того или иного явления, предоставляют развернутую оценку ситуации. Количественные исследования определяют числовые значения того или иного показателя, позволяют судить о частоте и количестве.

3. **Контекст** нахождения пользователя в процессе проведения исследований. Определяет особенности использования продукта в среде (как естественной, так и искусственной). В частности, может рассматриваться поведение без контекста [3–5].

Однако теоретическое знание методов исследования не позволяет определить, как обстоят с ними дела на практике. Какие методы применяются и для решения каких задач? Эффективно ли это, или эти методы используют из-за их простоты, бюджетности и скорости обработки данных?

Например, нередко можно услышать мнение, что чаще всего применяются такие методы, как интервью, юзабилити-тесты, модерлируемые и онлайн-опросы, обзвоны. Данные методы позволяют решить 90...95 % всех возможных задач, возникающих при дизайн-разработке пользовательского опыта [2, 6].

Было рассмотрено 20 примеров исследований, которые проводили дизайнеры из разных стран для решения чаще всего маркетинговых задач. Для наглядной демонстрации полученных данных они были собраны в таблицу.



Рис. 2. Классификация методов пользовательского исследования

Т а б л и ц а

Исследования

Описание и цель исследований	Методы	Обоснование методов	Результаты
1. Разработка функции выбора маршрута для поощрения пешеходных прогулок среди туристов.  Цель: разработать функцию выбора маршрута для навигационного приложения	Опросы, вторичное исследование, конкурентный анализ, полевые исследования, интервью, отзывы, демо юзабилити-тестирование	Для лучшего понимания потребностей и поведения пользователей	На основе разных видов исследований были созданы дизайн-решения для приложения, однако из-за нехватки времени и других проблем исследователи не смогли ответить на все вопросы и провести полноценное тестирование. Проект требует доработок [7]
2. Исследование пользовательского опыта банковского приложения  Цель: проверка работоспособности главного экрана	Модерлируемое юзабилити-тестирование, лабораторное исследование, интервью, анализ кликстрима	Они позволяют разработчикам оценить поведение пользователя и сделать правильные выводы по дизайну приложения	Была выявлена нехватка инструкций, что мешало пользователям проходить сценарии. Было установлено, что требуется создать универсальные точки входа в каждый из сценариев, которые ориентируют пользователей [8]

## Продолжение табл.

Описание и цель исследований	Методы	Обоснование методов	Результаты
3. Отчет по исследованию дизайнера Госуслуг.  Цель: снижение времени и облегчение заполнения различных форм	Отзывы и опросы, А/В-тест, юзабилити-бенчмаркинг, анализ кликстрима, экспертный обзор, исследование истинного намерения	Применение данных методов позволит понять потребности клиентов и увидеть трудности, с которыми они сталкиваются	Сценарий строится на основании ответов пользователя и приводит к конкретному результату: отправке заявления, получению услуги [2]
4. Исследование для компании «Чистовье» – производителя продукции для индустрии красоты.  Цель: составить описание портретов пользователей продукта, разработать дизайн	Анализ кликстима, исследование истинного намерения, интервью, отзывы, моделируемые удаленные исследования	Эти методы помогают создавать портреты пользователей, которые используют или будут использовать продукт	В результате получилось создать карточки персон и разбить их на группы, разработать карту пути пользователя для системы и приступить к проектированию пользовательского опыта [9]
5. «Личный помощник студента».  Цель: помочь новым студентам быстрее адаптироваться к университетской жизни	Опрос, интервью, проверка концепции	Данные методы были выбраны для понимания целевой аудитории и концепта продукта, а также для обоснования выбранных решений и анализа юзабилити	Основываясь на реальных потребностях студентов, предоставлено решение, которое обеспечит легкость в освоении новой информации и эффективность в обучении [8]
6. Тестирование банковского приложения.  Цель: выявить полезную информацию для интерфейса	Модерируемое юзабилити-тестирование	Целью было тщательное изучение того, что пользователи делают с приложением	Результатом тестирования является измененный интерфейс и приложение в целом [2]
7. Приложение магазина повседневной одежды.  Цель: получить данные для проектирования магазина прототипа одежды	Глубинные интервью, юзабилити-тестирование	Стандартный цикл исследований при разработке продукта. Возможно понять все потребности пользователей и проверить прототип	Результаты исследования легли в основу дизайна прототипа магазина повседневной одежды. Однако сам прототип очень «сырой», а некоторые дизайн-решения кажутся странными [10]
8. Тестирование влияния поля «промокод» на количество совершаемых покупок.  Цель: выяснить взаимосвязь наличия окна «промокод» с покупательской способностью	А/В-тестирование	Для сравнения действующей версии сайта с набором тестируемых элементов	Общий доход увеличился на 24,7 %. Доход с каждого посетителя вырос на 17,1 %, что является достаточно хорошим показателем [8]
9. Аудит страницы товара интернет-магазина forsam.ru.  Цель: выявление интерфейсных проблем страницы и предложение решений по улучшению сайта	Отзывы, проверка концепций, аналитика; анализ кликстрима, фокус-группы	Данные методы позволяют: изучить отношение, испытать концепт версии продукта, определить, на что в первую очередь обращает внимание пользователь и увидеть групповую обратную связь	Данные исследований легли в основу редизайна. Были изменены многие панели, кнопки, фотографий на сайте [11]
10. Новое приложение для TheNewYorkTimes.  Цель мотивировать читателей выбирать именно NewYorkTimes, учитывая серьезную конкуренцию. Сформировать у читателей привычку пользоваться приложением	Исследование привычек людей; интервью; фокус-группы; опросы; совместное проектирование; проверка концепции; сортировка карточек; оценка предпочтений	Ограниченное время исследований – 4 недели. Необходимость простого решения. Возможность понять контекст и эмоциональный фон. Наличие обратной связи	На основании интервью выявили четкую закономерность. У каждого пользователя свое расписание и привычки, в которые нужно интегрировать использование приложения. Дизайн должен быть приятным и доступным. Следует сократить количество уведомлений [3]
11. Приложение Disney+Hotstar (DH).  Цель: понимать поведение пользователей, привлечь новых; понимать потребности, отношение пользователей	Глубинное интервью. Анализ конкурентов	Развитие продукта зависит от переживаний и ожиданий пользователей (от качественных данных)	Были полученные данные, позволяющие понять поведение пользователей, выявить нужды клиентов. Полученные данные легли в основу рекомендаций по улучшению сервиса [10]

О к о н ч а н и е т а б л .

Описание и цель исследований	Методы	Обоснование методов	Результаты
12. UberNavigation – дизайн приложения для таксистов. Цель: разработать удобную и понятную систему навигации для водителей	Полевое исследование, модерлируемое юзабилити-тестирование, айтрекинг, макетирование	В данном кейсе применялись нестандартные методы, чтобы не просто узнать мнение испытуемых о проблеме или посмотреть на их поведение, а глубоко понять особенности их работы	Была разработана система, которая сама строит дальнейший маршрут после завершения поездки. Система хорошо подстроена под потребности водителя и функционирует с минимальным количеством касаний [3]
13. Исследование и анализ сервиса yandexmusic. Цель: вернуть аудиторию на сервис, поднять ее лояльность. Поднять конкурентоспособность и популярность сервиса	Анализ рынка и конкурентов, аналитика, глубинное интервью, модерлируемое юзабилити-тестирование	Стандартный цикл исследования для усовершенствования продукта	Сервис был успешно доработан. Нет полной ясности, смог ли он привлечь новую аудиторию и вернуть популярность, однако он стал удобнее [12]
14. Личный кабинет онлайн-курсов ИТМО. Цель: создать удобный и понятный личный кабинет в стилистике курсов	Анализ конкурентов, глубинное интервью	Стандартный цикл разработки, но без тестирования	Был разработан личный кабинет для онлайн-курсов в соответствии со стилистикой компании [12]
15. Сервис для покупки книг от маркетплейса MLBooks. Цель: сделать идеальный сервис для покупки книг онлайн	Анализ конкурентов, глубинное интервью	Стандартный цикл разработки, но без тестирования	Было выдвинуто восемь гипотез для интервью, часть из них подтвердилась, данные были проанализированы и легли в основу дизайн-решений [12]
16. Онлайн-покупка в магазине М.Видео с помощью приложения. Цель: доработать интерфейс онлайн-покупки в офлайн-магазине, оптимизировать работу с QR-кодами	Глубинное интервью, анализ конкурентов, юзабилити-тестирование	Стандартный цикл разработки приложения, но интервью было проведено до анализа конкурентов. В данном случае это было допустимо	Были доработаны пользовательские сценарии, добавлены новые функции. Также для аудитории, которая не хочет скачивать приложение, был разработан вариант с AppClip (небольшая часть приложения) [12]
17. Интерфейс образовательного продукта по цифровым моделям геологических отложений. Цель: разработать дизайн для модуля по обучению геологическому моделированию	Глубинное интервью, анализ конкурентов, юзабилити-тестирование	Стандартный цикл разработки продукта, но с учетом специфики сервиса (узкая целевая аудитория) были внесены некоторые изменения	Была разработана концепция, однако она достаточно сильно поменялась на этапе дизайна. Проект нестандартный с узкой целевой аудиторией, однако для разработки хватило стандартного цикла исследований [12]
18. Аудит мобильного приложения INVITRO. Цель: выявления и решение проблем пользовательского опыта в приложении	Экспертная оценка, модерлируемое юзабилити-тестирование	Экспертная оценка была проведена для выявления проблем и построения гипотез. Затем на их основе было проведено юзабилити-тестирование	Метод экспертной оценки – это нечто среднее между интервью и тестированием. По итогу проведенных исследований были выдвинуты предложения по усовершенствованию интерфейса [12]
19. МТС библиотека. Мобильное приложения для чтения и прослушивания книг и прессы. Цель: закрыть потребности клиентов лучше конкурентов	Анализ рынка, аналитика, глубинное интервью, юзабилити-тестирование	Достаточно стандартный цикл разработки при таких целях. Применяются качественные и количественные методы	На основе полученных данных была составлена новая архитектура приложения, затем был проведен редизайн. Был полностью переработан пользовательский путь [12]
20. Редизайн сайта «Финтабло», сервиса для онлайн-управления и учета бизнеса. Цель: повысить целевые показатели (глубина просмотра) устаревшего сайта	Кабинетные исследования, аналитика	Исследования в стандартном понимании в этом кейсе не проводилось. Дизайнер, просто опираясь на свой опыт, сделал редизайн сайта, что положительно сказалось на метриках	Нестандартный кейс. Принятые интерфейсные решения обусловлены исключительно мнением дизайнера без применения тестирования. Однако при ограниченности ресурсов такой тип разработки оказался приемлемым [12]

На основе рассмотренных исследований можно выделить некоторые особенности. Вне зависимости от специфики кейса, цикл исследований в процессе дизайн-разработки во всех случаях был приблизительно одинаковым. Проводился анализ продукта, конкурентов и рынка, формулировались гипотезы, затем проводились исследования, на основе результатов которых формировались персонажи (метод персон), составлялась карта эмпатии или описывались потребности пользователей по методу «карта перемещения пользователя по продукту в процессе его использования» или при помощи других подобных визуализаций. Далее разрабатывался дизайн первого прототипа, и проводились тестирования. По результатам юзабилити-тестирования обычно в проект вносились правки, после чего разрабатывался дизайн и техническая составляющая [2, 6, 13].

Все рассмотренные в приведенной таблице примеры так или иначе соответствовали данному циклу разработки с поправкой на специфику проекта, имеющиеся ресурсы и прочие особенности.

По результатам изученных примеров самым распространенным методом исследования является качественный метод исследования мнения – глубинные интервью. Данный метод применяется один или в связке с аналитикой и опросами. Однако применение аналитики возможно только при наличии большой и активной аудитории пользователей сервиса,

т. е. практически не применимо к проектам на этапе разработки или с маленькой целевой аудиторией. Большинство количественных методов имеют ограничения по этому же принципу. По этой причине они достаточно редко встречаются в рассмотренных примерах.

Поскольку любой проект нуждается в тестировании, для этого чаще всего применяется модерируемое юзабилити-тестирование. Однако не у всех проектов есть возможность провести его в полном объеме.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, не считая стандартных этапов разработки, в подавляющем большинстве примеров применяются качественные методы исследования мнения и поведения пользователей. Данные методы дают возможность широко рассмотреть особенности взаимодействия пользователя с сервисом, выявить основные паттерны поведения и отношения, что позволит в результате сделать дизайн продукта по-настоящему удобным, человекоориентированным и интуитивно понятным. Однако на основе этих данных невозможно сделать статистические выводы или как-то рассмотреть иные числовые показатели. При этом на основе проведенного анализа можно предположить, что при разработке проектов и услуг количественные исследования отходят на второй план из-за отсутствия серьезной необходимости в работе с числовыми показателями.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брусенцова Т. П., Кишкурно Т. В. Проектирование интерфейсов пользователя : пособие для студентов. Минск : БГТУ, 2019. 172 с.
2. Хабр. Медиабаза знаний. URL: <https://habr.com/ru/all> (дата обращения: 15.11.2022).
3. UxJournal. Профессиональный онлайн-журнал. URL: <https://ux-journal.ru> (дата обращения: 18.11.2022).
4. Nielsen Norman Group. When to Use Which User-Experience Research Methods. URL: <https://www.nngroup.com/articles/which-ux-research-methods> (дата обращения: 19.11.2022).
5. Исаева М. В., Логинова А. А. Анализ поискового трафика, пользовательского интерфейса и технических характеристик туристических сайтов с точки зрения пользовательского опыта // Технологии и качество. 2020. № 2(48). С. 29–32.
6. Дизайн прототипа музыкального приложения / С. Л. Гутарова, Е. А. Максакова, Е. А. Мосина, Е. В. Некрасова, С. П. Рассадина // Технологии и качество. 2020. № 4(50). С. 27–32.
7. Drawerrr. Онлайн-база знаний. URL: <https://drawerrr.com> (дата обращения: 22.11.2022).
8. Vc.ru. Онлайн-база знаний. URL: <https://vc.ru/team> (дата обращения: 22.11.2022).
9. UX-исследования. URL: <https://ux-design.ru/services/ux-research> (дата обращения: 26.11.2022).
10. Medium. Онлайн-библиотека. URL: <https://medium.com> (дата обращения: 30.11.2022).
11. UX/UI аудит страницы товара интернет-магазина forsam.ru. URL: <https://fuse8.ru/media/2305/forsarmru.pdf> (дата обращения: 01.12.2022).
12. Behance. Онлайн-галерея проектов. URL: <https://www.behance.net> (дата обращения: 04.12.2022).
13. Мамедова И. Ю., Дрюкова А. Э., Мильчакова Н. Е. Концепция юзабилити с позиции универсального дизайна // Russian Technological Journal. 2022. Т. 10, № 3. С. 111–120.

## REFERENCES

1. Brusentsova T. P., Kishkurno T. V. Designing user interfaces. Minsk. Bel. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2019. 172 p.
2. Habr. Media knowledge base. URL: <https://habr.com/ru/all> (Accessed 15.11.2022).
3. UxJournal. Professional online magazine. URL: <https://ux-journal.ru> (Accessed 18.11.2022).
4. Nielsen Norman Group. When to Use Which User-Experience Research Methods. URL: <https://www.nngroup.com/articles/which-ux-research-methods> (Accessed 19.11.2022).
5. Isaeva M. V., Loginova A. A. Analysis of search traffic, user interface and technical characteristics of tourist sites from the point of view of user experience. *Technologii i kachestvo* [Technology and Quality]. 2020;2(48):29–32. (In Russ.)
6. Gutarova S. L., Maksakova E. A., Mosina E. A., Nekrasova E. V., Rassadina S. P. Design of a prototype of a musical application. *Technologii i kachestvo* [Technologies and Quality]. 2020;4(50):27–32. (In Russ.)
7. Drawerrr. Online knowledge base. URL: <https://drawerrr.com> (Accessed 22.11.2022).
8. Vc.ru. Online Knowledge Base. URL: <https://vc.ru/team> (Accessed 22.11.2022).
9. UX research. URL: <https://ux-design.ru/services/ux-research> (Accessed 26.11.2022).
10. Medium. Online library. URL: <https://medium.com> (Accessed 30.11.2022).
11. UX/UI audit of the product page of the online store forsam.ru. URL: <https://fuse8.ru/media/2305/forsarmru.pdf> (Accessed 01.12.2022).
12. Behance. Online gallery of projects. URL: <https://www.behance.net> (Accessed 04.12.2022).
13. Mamedova I. Yu., Dryukova A. E., Milchakova N. E.. The concept of usability from the perspective of universal design. *Russian Technological Journal*. 2022;10,3:111–120.

Статья поступила в редакцию 20.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

Научная статья

УДК 7.061

EDN CPAJKR

doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-62-69

**Ирина Юрьевна Мамедова**<sup>1</sup>

**Алексей Сергеевич Чурин**<sup>2</sup>

**Ирина Алексеевна Оранская**<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> mamedova\_umu@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-4538-664X>

<sup>2</sup> alexejtopol@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-4158-769X>

<sup>3</sup> irinaorans@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1186-5012>

## ОРИГИНАЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

***Аннотация.** В данной статье подробно исследуется актуальный вопрос оригинальности объектов дизайна, созданных при помощи нейронных сетей, и обозначено, что степень оригинальности результата зависит от различных факторов, таких как сложность запроса, степень трансформации исходного визуального образа и использование различных нейросетевых моделей. В статье акцентируется внимание на важности понимания художественной оригинальности и плагиата в области дизайна, что помогает определить границы между уникальным и заимствованным творчеством. В результате тщательного анализа полученных результатов был сделан вывод о существенной зависимости между формулировкой запроса и оригинальностью получаемого изображения. Таким образом, для достижения наиболее уникальных и творческих результатов необходимо внимательно подходить к формулированию исходных запросов и выбору параметров нейронных сетей.*

***Ключевые слова:** дизайн, генеративный дизайн, плагиат, оригинальность, нейронные сети, эстетика, искусство, искусственный интеллект*

***Для цитирования:** Мамедова И. Ю., Чурин А. С., Оранская И. А. Оригинальность объектов дизайна, полученных при помощи нейронных сетей // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 62–69. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-62-69>.*

Original article

**Irina Yu. Mamedova**<sup>1</sup>

**Alexey S. Churin**<sup>2</sup>

**Irina A. Oranskaya**<sup>3</sup>

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

## ORIGINALITY OF DESIGN OBJECTS CREATED WITH THE HELP OF NEURAL NETWORKS

***Abstract.** This article examines in detail the current issue of originality of design objects created using neural networks, and denotes that the degree of originality of the result depends on various factors, such as the complexity of the query, the degree of transformation of the original visual image, and the use of various non-neural network models. The article focuses on the importance of understanding artistic originality and plagiarism in design, which helps define the boundaries between unique and borrowed creativity. A careful analysis of the findings led to the conclusion that there is a significant correlation between the formulation of the query and the originality of the resulting image. Thus, in order to achieve the most unique and creative results, it is necessary to carefully approach the formulation of initial queries and the choice of neural network parameters.*

***Keywords:** design, generative design, art, plagiarism, originality, neural networks, aesthetics, artificial intelligence*

***For citation:** Mamedova I. Yu., Churin A. S., Oranskaya I. A. Originality of design objects created with the help of neural networks. Technologies & Quality. 2023. No 2(60). P. 62–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-62-69>.*

© Мамедова И. Ю., Чурин А. С., Оранская И. А., 2023

В современном мире цифровые технологии активно трансформируют все сферы человеческой жизнедеятельности. Дизайн и искусство не исключение, компьютер стал основным инструментом создания объектов дизайна, профессиональные инструменты данной сферы постоянно трансформируются и обновляются для соответствия запросам окружающего нас мира. Дизайн и компьютерные технологии уже являются неделимыми составляющими одного целого.

Одним из наиболее быстро развивающихся инструментов дизайнера является генеративный дизайн. Генеративный дизайн – подход к проектированию, а также дизайну цифрового либо материального продукта, при котором человек направляет часть процессов компьютерным технологиям или цифровым платформам [1]. В данном случае дизайнер задает лишь направление разработки, изменяя параметры, с которыми работает программа, получая при этом готовый продукт или элемент будущего продукта.

Огромную популярность в данный момент набирают художественные нейросети, являясь частым объектом исследований, разработок и споров. Нейронные сети – искусственные, многослойные высокопараллельные логические структуры, составленные из формальных нейронов [2]. Данный вид сети схож по принципу работы с нашим мозгом, наиболее подходящим термином для его описания является термин «машинное обучение». Так, данные платформы изучают огромное количество информации визуальной, текстовой, звуковой, учатся ее воспроизводить и создавать на основе изученного новый продукт по заданным параметрам.

Возникает несколько проблем, которые требуют объяснения. Возникают споры, посвященные этической и правовой сторонам вопроса: является ли продукт нейронной сети

плагиатом, насколько уникальным является результат?

**Степень трансформации образа нейронной сетью.** Так как речь в данной статье пойдет об уникальности дизайнерских работ, выполненных при помощи нейронных сетей, необходимо уделить внимание обратному понятию, а именно плагиату. Перед началом следует ознакомиться с определением плагиата. Уголовный кодекс РФ в ч. 1 ст. 146 толкует плагиат как «факт нарушения авторских прав путем присвоения авторства», кражу интеллектуальной собственности с целью выдачи себя за непосредственно автора [3]. Более точное определение дается в статье О. В. Бобковой с соавт., как «умышленно совершаемое физическим лицом незаконное использование или распоряжение охраняемыми результатами чужого творческого труда, которое сопровождается доведением до других лиц ложных сведений о себе как о действительном авторе» [4].

Однако плагиат в визуальных искусствах является более сложной проблемой как с точки зрения определения того, что является плагиатом, так и с точки зрения выявления кражи. Появляются такие понятия, как заимствование, подражание (рис. 1), пародия и копирование [5]. При проектировании продукта дизайна неизбежно влияние других предметов искусства на конечный продукт, автор может копировать стилистики, сюжеты, заимствовать идеи других работ. Однако стоит учитывать, что итоговое произведение, прошедшее через рефлексию, считается чем-то новым, объектом синтеза приемных элементов и интерпретации дизайнера или художника. Именно авторская рефлексия и является главной движущей силой в создании нового произведения искусства или объекта дизайна. Итоговый продукт должен, в первую очередь, вызывать новые ассоциации у зрителя, производить совершенно новое, другое впечатление.



Рис. 1. Подражание в искусстве на примере картины Винсента Ван Гога «Автопортрет» 1887 года [6, 7]



На примере картины Винсента Ван Гога «Звездная ночь» (рис. 2) рассмотрим способность нейросетей к созданию нового объекта искусства. Картина в данном случае является наглядным исходным изображением, эталоном, с которым будет сравниваться каждая из генераций. Для исследования возьмем такие платформы, как Deep Dream Generator, Stable Diffusion Playground, Deep AI и сеть Kandinsky 2.0 от Сбер.

Deep Dream Generator – генератор изображений, преобразовывающий обычные изображения в иллюстрации в стиле мрачного психоделического авангардизма. Stable Diffusion – это генератор с открытым исходным кодом, отличается большим функционалом. Алгоритмы SD обучены стилям знаменитых художников от работ эпохи возрождения до современного NFT-искусства. Deep AI – генератор с широкими возможностями настроек, позволяющих изменять количество деталей, текстуры, цвета. Используется программное обеспечение с открытым исходным кодом. Kandinsky 2.0 – первая российская диффузионная модель для генерации изображений по текстовому описанию на разных языках с 2 млрд параметров.

Для первой выборки изображений используем запрос «Звездная ночь Винсент Ван Гог», чтобы выяснить, насколько изменчивость ито-

гового изображения зависит от вмешательства пользователя, способна ли нейросеть без прямых наводок вмешиваться в стилистику заданного изображения, вносить изменения в сюжет или же результатом будет репродукция картины с минимальными изменениями. Для большей точности результатов проведем по три генерации в каждой из платформ (табл. 1).








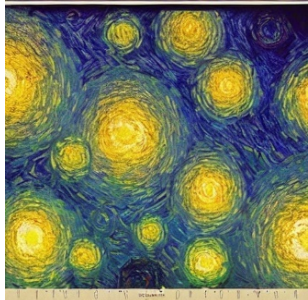




Изучив результаты, можно заметить, что при генерации на платформах номер 1 и 2 были получены реплики картин с минимальными стилистическими изменениями, например: изменения цветового исполнения некоторых элементов, стилистики контура и мазка. Платформа под номером 3, однако, в генерации 2 создала паттерн, используя элементы оригинальной картины. В генерациях платформы номер 4 отсутствуют реплики картины, но можно заметить синтез с другими картинами автора, особенно это прослеживается в генерации 1, где использованы элементы картины «Звездное небо над Роной». По данному исследованию можно сделать вывод, что в большинстве случаев результат генерации нейросети без дополнительных представленных параметров будет являться почти точной его репликой. Интерпретации одной только нейросети недостаточно для создания нового объекта дизайна, полученный образ недостаточно преобразован.



Рис. 2. Винсент Ван Гог. Звездная ночь. 1889 [8]

Т а б л и ц а 1

Изображения, полученные по запросу «Звездная ночь Винсент Ван Гог»

Платформа	Запрос: «Звездная ночь Винсент Ван Гог»		
	Генерация 1	Генерация 2	Генерация 3
1. Deep Dream Generator			
2. Stable Diffusion Playground			
3. Deep AI			
4. Kandinsky 2.0			













Для следующей выборки генераций поменяем запрос, он будет выглядеть следующим образом: «Москва в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь». На данной выборке рассмотрим возможности платформ в создании нового изобразительного объекта посредством синтеза, будет ли новый образ гармонично вписан в заданную стилистику, достаточно ли будет преобразован существующий образ (табл. 2).

По полученным генерациям видно, что нейросети при введении дополнительных данных

начинают видоизменять составляющие запроса, беря во внимание логику запроса. При этом каждая из генераций обладает уникальностью и явным отличием от оригинального изображения, сохранена лишь стилистика и некоторые элементы, например звездное небо, изображенное на картине, сохраняется на каждой из генераций. Однако генерации платформы Deep Dream Generator лишь совместили небо с картины и фотореалистичное изображение Кремля, что можно увидеть во всех трех вариантах.

Т а б л и ц а 2

Изображения, полученные по запросу «Москва в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь»

Платформа	Запрос: «Москва в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь»		
	Генерация 1	Генерация 2	Генерация 3
1. Deep Dream Generator			
2. Stable Diffusion Playground			
3. Deep AI			
4. Kandinsky 2.0			

Можно сделать вывод, что степень уникальности полученного изображения напрямую зависит от сложности запроса, а также от платформы, на которой выполняется генерация. Для подтверждения данной теории проведем еще одну серию генераций, указав уже конкретный сюжет как запрос. Итоговым запросом будет являться данный сюжет: «Женщина с чемоданами ждет поезд под дождем в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь».

Как видно в табл. 3, при усложнении сюжета запроса итоговый результат максимально возможно отходит от изначального изображения, сохраняя лишь запрошенную стилистику, на некоторых из генераций отсутствует также и звездное небо с оригинала. Нельзя, однако, не отметить, что при конкретизации запроса уменьшается разнообразие в самих генерациях.

Нейросеть, не обладая правосубъектностью, не обладает и авторскими правами. Не

признаются авторами результата интеллектуальной деятельности граждане, не внесшие личного творческого вклада в создание результата (Гражданский кодекс РФ, ст. 1228). Такие авторские права, как право авторства и т. п., не учитываются для разработчика нейросети, так как они неразрывно связаны именно с личностью автора как физического лица, которым нейросеть на данном этапе ее технического раз-

вития обладать не может. Это порождает множественные споры, например, с позиции неэтичности обучения нейросетей на работах авторов дизайн-проектов без их разрешения или выгоды. В то же время нейросеть использует смешение стилей различных изображений, что можно считать подражанием автору, а не нарушением авторского права дизайнера.

**Т а б л и ц а 3**  
**Изображения, полученные по запросу «Женщина с чемоданами ждет поезд под дождем в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь»**

Платформа	Запрос: «Женщина с чемоданами ждет поезд под дождем в стилистике картины Ван Гога Звездная ночь»		
	Генерация 1	Генерация 2	Генерация 3
1. Deep Dream Generator			
2. Stable Diffusion Playground			
3. Deep AI			
4. Kandinsky 2.0			

Законодательство по тематике интеллектуальных правах на продукты нейросетей находится в процессе эволюции. Дизайнеру необходимо учитывать варьирующиеся условия пользовательских соглашений платформ.

Различия в изложенных правовых подходах связаны с проблематикой границ искусства, определением критерия отличия искусства от неискусства. Инновационным характером отличаются творческие эксперименты с «цифрой» в компьютерном искусстве [9]. В данной сфере открывается новое поле для исследований в области эстетики. Создание цифровых продуктов требует от современного дизайнера освоения определенных цифровых компетенций и навыков, но в том числе и в области эстетики, и открывает новые страницы в истории дизайна [10, 11].

Критерием принадлежности к искусству является эстетический вкус. Тем не менее провести четкий раздел между элементарно-эстетическим и эстетически полным восприятием невозможно. Иначе было бы невозможно адекватно воспринимать произведения аб-

страктного искусства или получать наслаждение от природных фактур или простейших орнаментов [12]. Искусственный интеллект – дополнительный инструмент, который может использоваться для исследования новых творческих территорий.

#### ВЫВОДЫ

Были рассмотрены понятия плагиата, отличия плагиата от художественного подражания.

В ходе исследования были проведены серии генераций изображений нейронными сетями на платформах Deep Dream Generator, Stable Diffusion Playground, Deep AI и сеть Kandinsky 2.0. Была определена степень трансформации исходного объекта искусства в зависимости от сложности и проработанности запроса.

Степень оригинальности полученного объекта дизайна напрямую зависит от сложности введенного запроса, при этом в полученных изображениях наблюдается переосмысление элементов изначального изображения, их трансформация – ключевой элемент творческой оригинальности дизайнерского продукта.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Канягин В. Н. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления «дизайн-барьера». СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 69 с.
2. Нейронная сеть // Большая Российская энциклопедия : [в 35 т.] / гл. ред. Ю. С. Осипов. М. : Большая Российская энциклопедия, 2004–2017. URL: [https://old.bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/v/2256451](https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/v/2256451) (дата обращения: 01.03.2023).
3. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 26.04.2007 № 14 «О практике рассмотрения судами уголовных дел о нарушении авторских, смежных, изобретательских и патентных прав, а также о незаконном использовании товарного знака» // СПС «КонсультантПлюс». URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.03.2023).
4. Бобкова О. В., Давыдов С. А., Ковалева И. А. Плагиат как гражданское правонарушение // Патенты и лицензии. 2016. № 7. С. 31–37.
5. Фролова Н. Ю., Богданович А. П. Проблема плагиата в дизайне // Актуальные проблемы гуманитарного образования : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 17–18 октября 2019 года) / редколлегия: С. А. Важник [и др.]. Минск : Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь, 2019. С. 484–489.
6. Ван Гог Винсент. Автопортрет. 1887 // Чикаго: Институт искусств Чикаго.
7. Екатерина Рождественская. Винсент Ван Гог. Автопортрет [Фоторепродукция картины] // Фотопроект «Частная коллекция».
8. Ван Гог Винсент. Звездная ночь. 1889 // Музей современного искусства, Нью-Йорк (The Museum of Modern Art, New York).
9. Бычков В. В., Маньковская Н. Б. Художественность как метафизическое основание эстетического опыта и критерий определения подлинности искусства // Вестник славянских культур. 2017. Т. 43. С. 220–241.
10. Мамедова И. Ю., Дрюкова А. Э., Мильчакова Н. Е. Концепция юзабилити с позиции универсального дизайна // Russian Technological Journal. 2022. № 10(3). С. 111–120.
11. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.

12. Бесчастнов Н. П., Рыбаулина И. В., Дергилёва Е. Н. Фактура, текстура и техноорнамент в современном дизайне: функция и художественный смысл // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 40–45.

## REFERENCES

1. Knyagin V. N. Industrial design of the Russian Federation: the possibility of overcoming the design barrier. St. Petersburg, St. Pet. Polytech. Univ. Publ., 2012. 69 p. (In Russ.)
2. Neural network // Big Russian Encyclopedia : [in 35 t.] / chief editor Yu. S. Osipov. Moscow, Big Russian Encyclopedia Publ., 2004–2017. URL: [https://old.bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/v/2256451](https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/v/2256451) (Accessed 01.03.2023).
3. Resolution of the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation of 26.04.2007 No 14 “On the practice of consideration by courts of criminal cases on violation of copyright, related, inventive and patent rights, as well as on the illegal use of a trademark”. ConsultantPlus. URL: <https://www.consultant.ru> (Accessed: 01.03.2023).
4. Bobkova O. V., Davydov S. A., Kovaleva I. A. Plagiarism as a civil offense. *Patenty i licenzii* [Patents and licenses]. 2016;7:31–37. (In Russ.)
5. Frolova N. Y., Bogdanovich A. P. The problem of plagiarism in design. *Aktual'nye problemy gumanitarnogo obrazovaniya : materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Minsk, 17–18 oktyabrya 2019 goda)* [Actual problems of humanitarian education : Materials of the VI International Scientific and Practical Conference, Minsk, October 17–18, 2019]. Ed. S. A. Vazhnik [et al.]. Minsk, Information and Computing Center of the Ministry Finance of the Republic of Belarus, 2019. Pp. 484–489.
6. Vincent Van Gogh. Self-portrait. 1887. Chicago: Art Institute of Chicago.
7. Ekaterina Rozhdestvenskaya. Vincent Van Gogh. Self-portrait. Photo project “Private Collection”.
8. Vincent Van Gogh. Starry night. 1889. The Museum of Modern Art, New York (The Museum of Modern Art, New York).
9. Bychkov V. V., Mankovskaya N. B. Artistry as a metaphysical basis of aesthetic experience and a criterion for determining the authenticity of art. *Vestnik slavyanskikh kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2017;43:220–241. (In Russ.)
10. Mamedova I. Y., Drukova A. E., Milchakova N. E. The concept of usability from the position of universal design. *Russian Technological Journal*. 2022;10(3):111–120. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewelry and bijouterie. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
12. Beschastnov N. P., Rybaulina I. V., Dergilyova E. N. Texture, texture and technoornament in modern design: function and artistic meaning. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):40–45. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

---

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

Научная статья  
УДК 7.021.5, 7.021.23  
EDN CXACNN  
doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-70-75

Наталья Егоровна Мильчакова<sup>1</sup>

Олег Игоревич Скачков<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> milchakova@mirea.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-3662-087X](https://orcid.org/0000-0003-3662-087X)

<sup>2</sup> skachkov\_o@mirea.ru, [https:// orcid.org/0009-0005-1635-9362](https://orcid.org/0009-0005-1635-9362)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЙЛОВЫХ ФОРМАТАХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИЗАЙНА 3D-МОДЕЛЕЙ

**Аннотация.** В статье описываются базовые понятия о топологии, которые являются основополагающими для специалистов в области трехмерного дизайна. Все полигоны можно разделить на треугольники, квадраты и многоугольники, и из них многоугольники являются самыми нежелательными. Для рассмотрения этого утверждения разработан ряд моделей разной сложности и перенесен в игровой движок UNITY в двух форматах obj и fbx. Оба формата являются наиболее часто используемыми в геймдизайне, дизайне персонажей, локаций или объектном моделировании, но они по-разному конвертируют полигональную сетку объекта, ввиду чего при наличии многоугольников будет меняться и сама форма модели.

**Ключевые слова:** топология, сетка, 3D-моделирование, дизайн-проектирование, трехмерный дизайн, полигоны, импорт файлов, Unity, многоугольники, формат файла

**Для цитирования:** Мильчакова Н. Е., Скачков О. И. Использование многоугольников в различных файловых форматах при разработке дизайна 3D-моделей // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 70–75. [https:// doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-70-75](https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-70-75).

Original Article

Natalia E. Milchakova<sup>1</sup>

Oleg I. Skachkov<sup>2</sup>

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

## THE USE OF POLYGONS IN VARIOUS FILE FORMATS IN THE DEVELOPING DESIGN OF 3D MODELS

**Abstract.** The article describes the basic concepts of topology, which are fundamental for specialists in the field of three-dimensional design. All polygons can be divided into triangles, squares and n-gons, and of these polygons are the most undesirable. To consider this statement, a number of models of varying complexity have been developed and transferred to the UNITY game engine in two forms obj and fbx. Both formats are the most commonly used in game design, character design, locations, or object modeling, but they convert the polygonal grid of an object in different ways, which is why the shape of the model itself will change in the presence of n-gons.

**Keywords:** topology, grid, 3D modeling, design engineering, three-dimensional design, polygons, file import, Unity, n-gons, file format

**For citation:** Milchakova N. E., Skachkov O. I. The use of polygons in various file formats in the developing design of 3D models. Technologies & Quality. 2023. No 2(60). P. 70–75. (In Russ.) [https:// doi 10.34216/2587-6147-2023-2-60-70-75](https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-2-60-70-75).

В трехмерном компьютерном моделировании за полигональную сетку принято принимать совокупность элементов трехмерного объекта, таких как вершины, ребра и грани, которые определяют форму и объем модели [1].

Форма полигонов (совокупностей вершин, граней, ребер) бывает трех видов:  
– треугольник (трис, triangle);  
– квадрат (квадр, quadrilateral);  
– многоугольник (N-Gon).

Преимущественно при разработке модели и дальнейшем ее использовании следует учиты-

© Мильчакова Н. Е., Скачков О. И., 2023

вать топологию и способы ее корректного построения, но грамотное распределение сетки требует достаточно больших временных затрат. Вследствие чего возникает вопрос о нахождении баланса между экономией временного ресурса и наименьшей потерей качества в исполнении трехмерного объекта в программе.

Ответ на этот вопрос кроется в наборе форм полигонов. При переносе модели из одной программы в другую ее топология меняется исключительно на треугольники или с помощью функций программы моделирования, или автоматически при конвертации формата файла в общепринятый [2]. Такое свойство переноса можно использовать как способ упрощения работы трехмерного дизайнера. Если быть точнее, то на этапе построения модели можно использовать многоугольники как каркас или элементы объектов для упрощения работы.

В дальнейших экспериментах полигональная сетка объекта была изменена с квадратной на треугольную автоматически во время экспорта для того, чтобы выявить возможные преимущества и недостатки в зависимости от формата используемого файла, а также последствия использования таких моделей в иных программах.

Чаще всего модель передается в трех форматах (obj, fbx, stl), но stl является векторным форматом с иным способом передачи форменности объекта, поэтому его рассматривать в дальнейшем не планируется. В качестве сто-

ронней программы для изучения влияния наличия многоугольников в топологии можно взять как иную программу моделирования, так и отдельную программу для задания материалов. Но лучшим вариантом является игровой движок, в данном случае Unity, так как отсутствует возможность напрямую повлиять на сетку объекта [3]. Однако корректность передачи формы объекта сильно меняется при наличии ошибочных построений.

**Методы исследования.** Произведена серия из нескольких экспериментов по переносу моделей с неправильной сеткой, формы которых будут меняться от простых до сложносоставных. Эксперимент заключается в проверке сохранения целостности форм моделей при моделировании упрощенной, но некорректной топологии объектов. Модель будет экспортироваться в двух самых распространенных форматах obj и fbx.

**Результаты исследования и анализ.** Анализ результатов заключался в поиске визуальных дефектов при автоматической триангуляции моделей с сеткой, частично состоящей из многоугольников на поверхностях с изгибами различных форм.

Первой экспериментальной моделью был цилиндр с многоугольной полигональной сеткой на ровной поверхности (рис. 1).

Визуально форма цилиндра на рис. 2 не изменилась, и плоское пространство при триангуляции не исказилось.

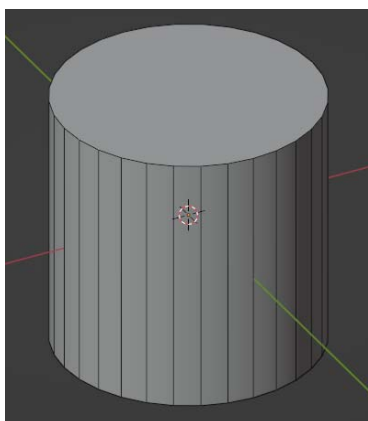


Рис. 1. Модель цилиндра из многоугольных элементов

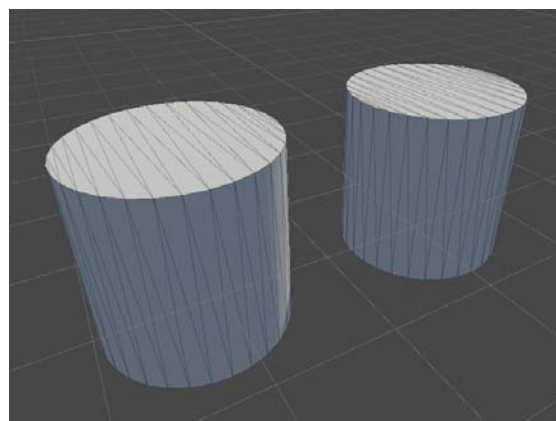


Рис. 2. Модель цилиндра из многоугольных элементов в Unity в форматах obj (слева) и fbx (справа)

Для проведения второго эксперимента была выбрана более сложная модель (рис. 3) с положением многоугольников на местах с плавными изгибами до 20°.

В данной ситуации при триангуляции форма модели исказилась, что особенно хорошо заметно на шее бюста на рис. 4. Вместо плавного

перехода модель приобрела более грубые очертания из-за того, что автоматическое изменение топологии создало треугольники горизонтально, вдоль модели. Однако на менее закругленном участке (рис. 5), верхняя часть грудины, сетка триангулировалась равномерно в обоих форматах, поэтому искажения отсутствуют.



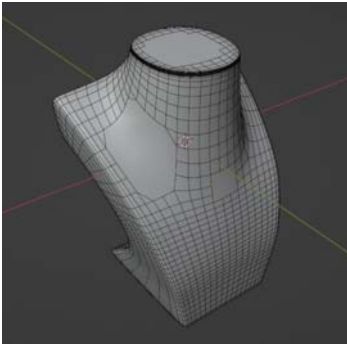


Рис. 3. Модель бюста с многоугольными элементами

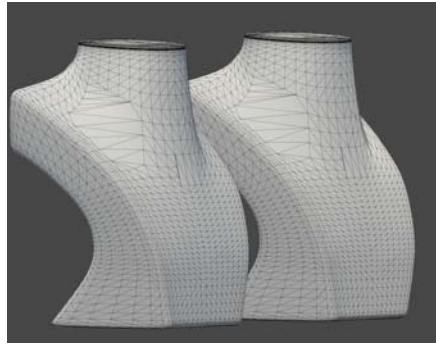


Рис. 4. Модель бюста в Unity сбоку в форматах obj (слева) и fbx (справа)

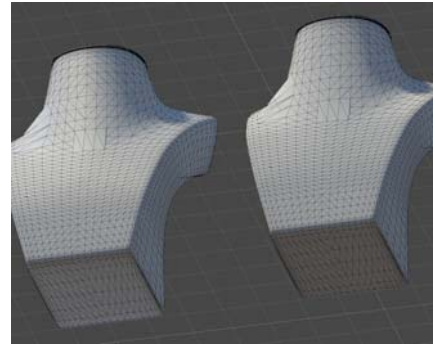


Рис. 5. Модель бюста в Unity снизу в форматах obj (слева) и fbx (справа)

Третий опыт проводился с моделью кисти руки, многоугольник был образован на перепонке между пальцами. В данном пространстве угол между полигонами варьировался до  $30^\circ$  (рис. 6).

Модель имеет достаточно плотную сетку, поэтому размер многоугольника сравнительно небольшой, но место его нахождения является довольно значимым, особенно при дальнейшей анимации этой модели, потому что выбранное место будет изгибаться при анимировании с помощью костей (арматур) [4, 5].

Результат третьего эксперимента показывает, что в формате obj не отображается подобное соединение, и вместо соединения вершин по треугольникам убрана сложная область, что показано на рис. 7а. Конвертация в формат fbx показала результаты, которые можно будет использовать в дальнейших разработках (рис. 7б), ввиду корректного триангулирования по длине кисти руки, а не ширине. Искажение формы оказались минимальны, несмотря на обширную область многоугольника.

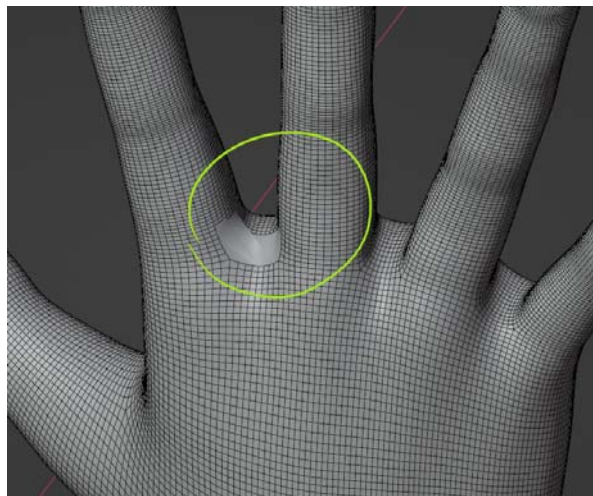
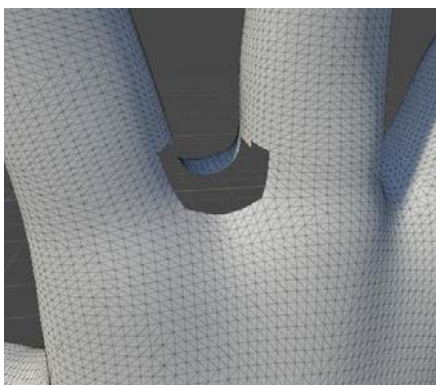
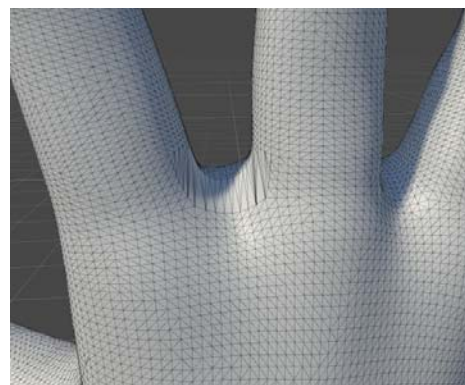


Рис. 6. Модель кисти руки с многоугольником на перепонках



а



б

Рис. 7. Перенесенная в Unity модель кисти в формате obj (а) и fbx (б)

Для последнего эксперимента была создана модель цилиндра с сильно искаженным положением вершин друг относительно друга в многоугольнике. Угол между вершинами в данном случае достигает  $195^\circ$  (рис. 8). Образовался разноразмерный многоугольник, почти все вершины которого находятся в разных плоскостях.

В результате последнего опыта модели разных форматов показали значительные отличия

после импорта. На рисунке 9а изображена модель в формате obj, где соединение вершин происходило вдоль локальной оси X, из-за чего элементы с большими углами и перепадами соединились с искажениями и полигоны наложились друг на друга. В формате fbx (рис. 9б) выполняются соединения вдоль локальной оси Y, поэтому треугольные части соединились более корректно и визуальное искажений нет.

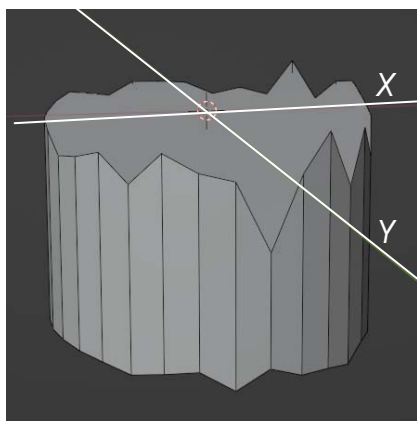


Рис. 8. Модель цилиндра с сильно искаженными вершинами

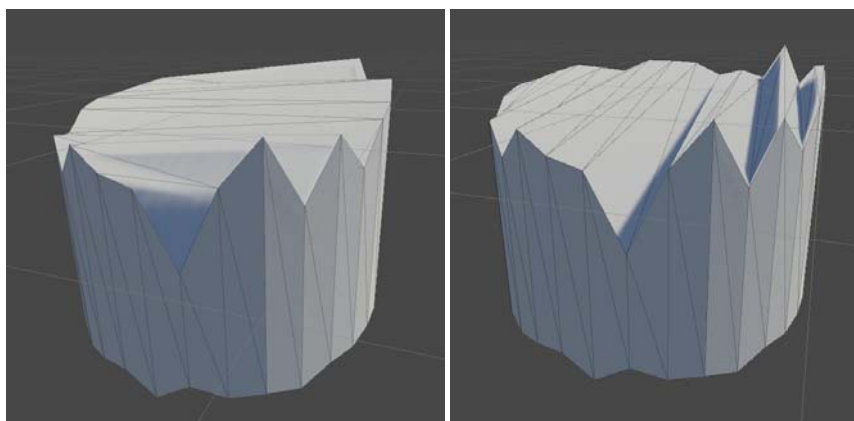


Рис. 9. Модель искаженного цилиндра в Unity в формате obj (а) и fbx (б)

**Обсуждение результатов.** В процессе перевода формата файлов форма модели искажается из-за триангуляции, поэтому всегда необходимо учитывать этот фактор при переносе файла в другую программу. Распространенные форматы obj и fbx по-разному обрабатывают объект, это касается как полигональной сетки, так и материала объекта.

Считается, что формат obj более универсален и удобен по сравнению с иными форматами ввиду открытого доступа и возможности импорта в любую другую программу. Вместе с этим преимуществом является и то, что «вес» файла будет меньше, чем в форматах fbx или stl. Так, модель кисти руки в формате obj требует 2,82 МБ, а в формате fbx 7,01 МБ памяти. Fbx же более ситуативен ввиду закрытого формата и более сложного преобразования. Не все программы имеют возможность импортировать его для дальнейшей работы. Объем файла будет увеличен, но сохранятся материалы, что может быть преимуществом при переносе [6, 7].

В ходе экспериментов разные форматы показывали различную топологию при триангуляции и переносе модели в игровой движок Unity, особенно это касается искаженных форм.

В качестве примера практического применения результатов экспериментов была составлена простейшая модель звездолета с простой,

но корректной топологией, детали которой будут создаваться исключительно с помощью ножа и вытягивания полигонов без предварительных сечений плоскостей (рис. 10).

Итоговая модель звездолета имеет множество деталей с незаполненной сеткой, т. е. на каждом незаполненном полигоне есть более 4 вершин, что делает его многоугольником, как на плоскостных участках, так и на скошенных (рис. 11а, б). За счет того, что во время работы особое внимание уделялось именно элементам деталей, а не построению, время, потраченное на разработку звездолета, значительно сократилось.

При переносе в Unity модель не поменяла форму и видимых искажений также не наблюдается, потому что все многоугольники имели угол скругления не более  $20^\circ$ . Наиболее заметную неточность топологии ввиду автоматической триангуляции можно найти на задней стороне корабля. В формате obj строится корректная, симметричная сетка, показанная на рис. 12а, а на рис. 12б изображена сетка той же модели в формате fbx. В этом формате с одной стороны ребра расположены очень близко друг к другу, из-за чего некоторые полигоны наслаиваются друг на друга, что не отразится на форме, но проявит себя при сглаживании модели или наложении материала.

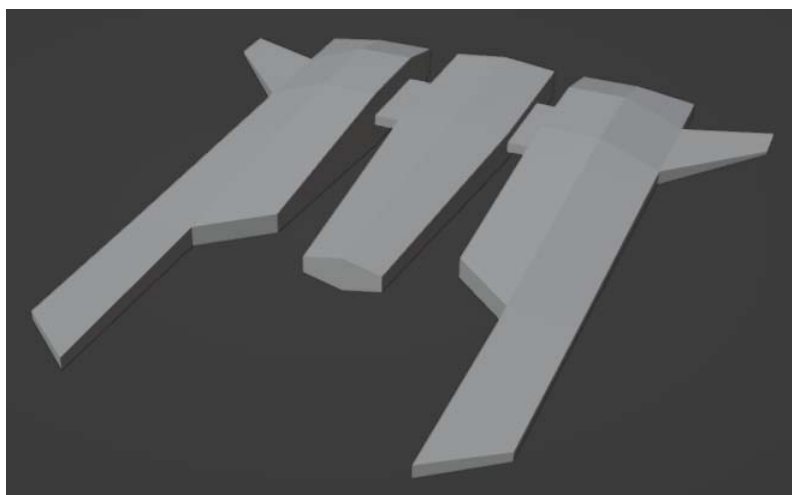


Рис. 10. База модели звездолета

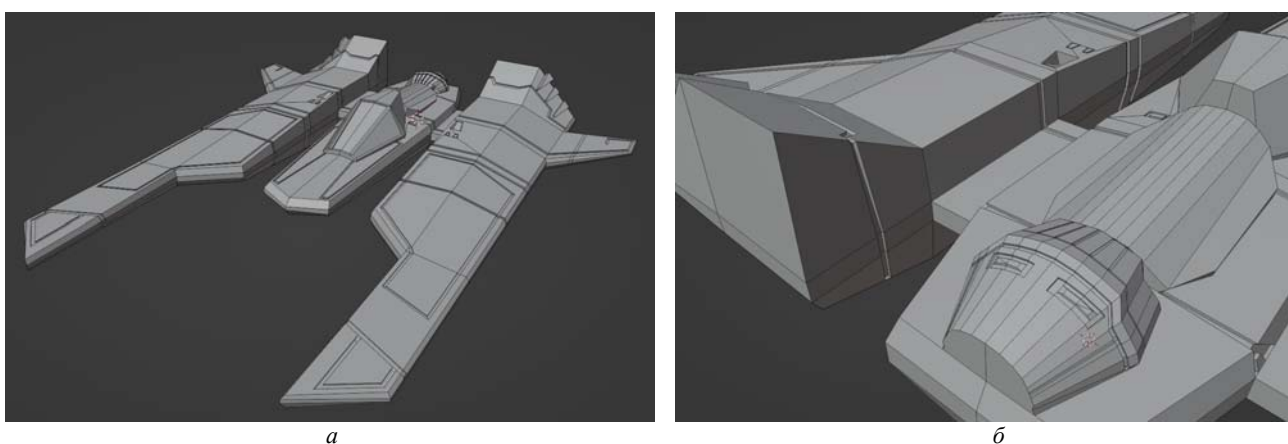


Рис. 11. Законченная модель звездолета:  
а – вид спереди; б – вид сзади

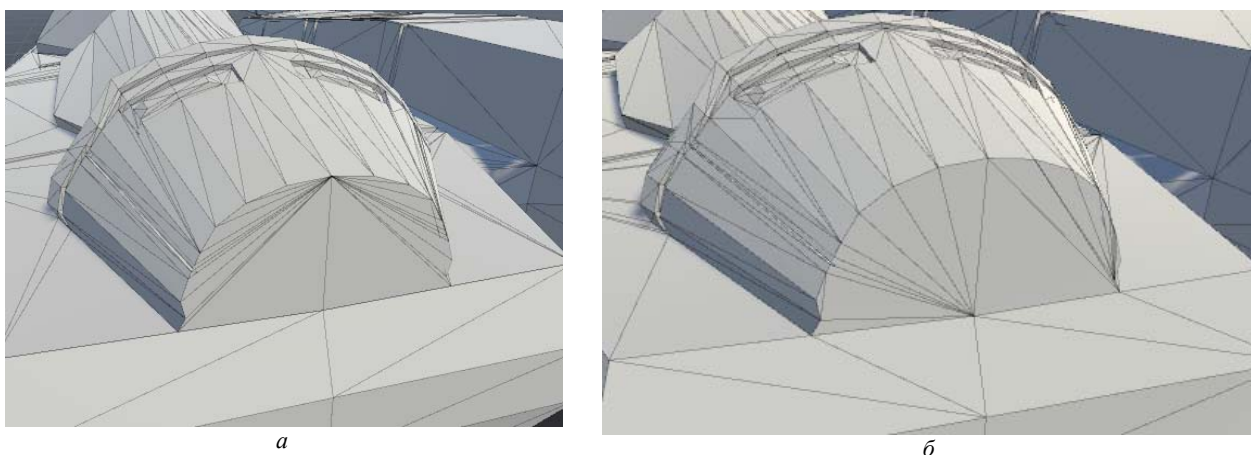


Рис. 12. Задняя часть корабля в формате obj (а) и fbx (б)

**Заключение.** Выявлено, что зачастую формат obj соединяет вершины многоугольника вдоль локальной оси  $X$ , а fbx вдоль оси  $Y$ . Поэтому при использовании многоугольников на модели для переноса нужно учитывать данный фактор для исключения искажения форм.

Использование многоугольников само по себе не будет такой большой ошибкой, если формировать их в одной плоскости или если угол кривизны поверхности сравнительно мал. Но в случае, когда поверхность неравномерная или имеет большой угол скругления, лучше контролировать положение полигонов квадратами

или трисами. При использовании модели для 3D-печати с многоугольниками результат будет неконтролируемым, если будет хоть какое-то отклонение от плоскости. Поэтому при использовании N-Gons для печатной модели следует оставлять многоугольники только на плоских поверхностях.

Говоря о промышленном дизайне, в том числе подготовке моделей в программах типа CAD, многоугольник, вершины которого находятся в разных плоскостях, может испортить объект при изготовлении, а при наличии даже

малейших отклонений вся партия будет считаться бракованной.

#### ВЫВОДЫ

Многоугольники в моделировании сильно искажают фигуру и не предоставляют в дальнейшем возможности быстро ее редактировать, ни деструктивно, ни процедурно. Но на законченной модели наличие многоугольников не будет сильно сказываться на ее обработке при использовании их в области вершин, ограниченных одной плоскостью.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Виды моделирования. Основы скульптинга, ретопологии и развертки // Хабр. Медиабазы знаний. URL: <https://habr.com/ru/post/448228> (дата обращения: 09.05.2022).
2. Руководства по топологии // Blender3D : сайт. URL: <https://blender3d.com.ua/rukovodstva-po-topologii> (дата обращения: 10.05.2022).
3. Особенности деформации моделей, полученных технологией FDM-печати из различных полимеров / Л. С. Карасёв, С. А. Шорохов, А. В. Кротов, С. А. Гамаянов // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 48–52.
4. Мамедова И. Ю., Дрюкова А. Э., Мильчакова Н. Е. Концепция юзабилити с позиции универсального дизайна // Russian technological journal. 2022. № 10. С. 111–120.
5. Джамбруно М. Трехмерная графика и анимация / [пер. с англ. Е. В. Кикиной и др.]. 2-е изд. М. : Вильямс, 2002. 640 с.
6. Херн Дональд, Бейкер М. Паулин. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. 3-е изд. М. : Вильямс, 2005. 1168 с.
7. Иванов В. П., Батраков А. С. Трехмерная компьютерная графика / под ред. Г. М. Полищука. М. : Радио и связь, 1995. 224 с.

#### REFERENCES

1. Types of modeling. Fundamentals of sculpting, retopology and unwrapping. Habr. Media knowledge base. URL: <https://habr.com/ru/post/448228> (Accessed 09.01.2023).
2. Topology guides. Blender3D [site]. URL: <https://blender3d.com.ua/rukovodstva-po-topologii> (Accessed 15.01.2023).
3. Karasev L. S., Shorohov S. A., Krotov A. V., Gamayanov S. A. Peculiarities of deformation of models obtained by FDM-printing technology from different polymers. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):48–52. (In Russ.)
4. Mamedova I. Yu., Dryukova A. E., Milchakova N. E. The concept of usability in terms of universal design // Russian technological journal. 2022;10:111–120. (In Russ.)
5. Giamb Bruno M. 3D Graphics & Animation. Second ed. Moscow, Viliams Publ., 2002. 640 p. (In Russ.)
6. Hearn D., Baker M. P. Computer Graphics with OpenGL. 3 ed. Moscow, Viliams Publ. 2002. 1168 p.
7. Ivanov V. P., Batrakov A. S. 3D computer graphics. Polishuk G. M. (ed.). Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1995. 224 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.03.2023  
Принята к публикации 10.05.2023

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

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

Материалы следует представлять в редакцию по электронной почте: e-mail: tik@ksu.edu.ru (для Смирновой Светланы Геннадьевны).

Убедительная просьба соблюдать нижеприведенные требования и порядок построения статьи, от этого зависит срок ее опубликования!

1. Электронный вариант статьи выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word (\*.doc, \*.docx, \*.rtf). В качестве имени файла указывается фамилия, имя и отчество автора русскими буквами (например: Иванов Иван Иванович.doc). Также необходимо приложить файл статьи в формате \*.pdf.
2. Все статьи проходят проверку на обнаружение текстовых заимствований в системе «Антиплагиат». Редакция принимает статьи, оригинальность которых составляет не менее 80 %. При проверке используется сайт: <http://www.antiplagiat.ru>.
3. Компьютерный набор статьи должен удовлетворять следующим требованиям: формат – А4; поля – по 2,5 см со всех сторон; гарнитура (шрифт) – Times New Roman; кегль – 14; межстрочный интервал – 1,5; абзацный отступ – 1,25 см.
4. Максимальный объем текста статьи с аннотацией, ключевыми словами, библиографическим списком и переводами – не более 14 страниц машинописного текста.
5. Аннотация к статье должна быть объемом 70–120 слов. Количество ключевых слов – от 7 до 10.
6. ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова должны быть переведены на английский язык.
7. Информация о финансировании (ссылки на гранты и пр.) указывается в круглых скобках сразу после названия статьи на русском языке.
8. Список источников оформляется по ГОСТ Р 7.05–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» и формируется в порядке упоминания. Ссылки в тексте статьи оформляются квадратными скобками с указанием номера издания по списку источников [5]. Если в тексте дается прямое цитирование, то в отсылке после номера источника указывают номер страницы, на которой содержится цитируемый фрагмент. Например: [1, с. 256], [2, т. 5, с. 25–26].
9. Единицы измерения приводятся в соответствии с Международной системой единиц (СИ).
10. Рисунки, схемы, диаграммы должны быть размещены в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретный рисунок, например (рис. 2). Схемы выполняются с использованием штриховой заливки или в оттенках серого цвета; все элементы схемы (текстовые блоки, стрелки, линии) должны быть сгруппированы. Каждый рисунок должен иметь порядковый номер, название и объяснение значений всех кривых, цифр, букв и прочих условных обозначений. Электронную версию рисунка следует сохранять в форматах jpg, tif (Grayscale – оттенки серого, разрешение – не менее 300 dpi).
11. Таблицы. Каждую таблицу следует снабжать порядковым номером и заголовком. Таблицы должны быть предоставлены в текстовом редакторе Microsoft Word, располагаться в тексте статьи в соответствии с логикой изложения. В тексте статьи должна даваться ссылка на конкретную таблицу, например (табл. 2). Структура таблицы должна быть ясной и четкой, каждое значение должно находиться в отдельной строке (ячейке таблицы). Все графы в таблицах должны быть озаглавлены. Одновременное использование таблиц и графиков (рисунков) для изложения одних и тех же результатов не допускается. В таблицах возможно использование меньшего кегля, но не менее 10.
12. Формулы выполняются только в редакторе MS Equation 3.0.
13. Десятичные дроби имеют в виде разделительного знака запятую (0,78), а при перечислении десятичных дробей каждая из них отделяется от другой точкой с запятой (0,12; 0,087).

## Построение статьи

Порядок размещения материала должен соответствовать представленному ниже списку.

1. Тип статьи (научная статья, обзорная статья, дискуссионная статья, краткое сообщение).
2. Индекс УДК.
3. DOI (окончательно ставится в редакции).
4. Имя, отчество, фамилия автора (полностью).
5. Полное название организации, город, страна (в именительном падеже) – место работы или учебы автора.
6. Адрес электронной почты каждого автора (без слов e-mail).
7. Открытый идентификатор каждого автора (ORCID).
8. Почтовый адрес с индексом (для последующей отправки журнала) и контактный телефон.
9. Название статьи (сокращения в названии недопустимы).
10. Ссылка на грант или источник финансирования – если есть.
11. Аннотация (70–120 слов).
12. Ключевые слова (7–10 слов или словосочетаний, несущих в тексте основную смысловую нагрузку).
13. Тип статьи, ФИО автора, название учебного заведения, организации (место учебы, работы), название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.
14. Текст статьи.
15. Список источников (формируется в порядке упоминания, нумеруется).
16. References.

## Рекомендации по транслитерации

Перечень затекстовых библиографических ссылок на латинице (“References”) представляется согласно стилю оформления (Vancouver Style), принятому в редакции журнала.

К каждой библиографической записи необходимо найти верифицированный (используемый автором цитируемого источника) перевод названия статьи и названия журнала. Чаще всего перевод названия статьи, предложенный автором или редакторами журнала, можно найти на странице журнала в сети Интернет, или на странице журнала в РИНЦ на сайте <http://elibrary.ru>. Если такое название не удастся найти, но следует перевести название на английский язык самостоятельно, после такого перевода необходимо поставить звездочку\* и в конце списка оставить примечание: *\*Перевод названия источника выполнен автором статьи / Translated by author of the article*. Звездочка ставится после каждого названия, переведенного лично автором статьи. Если перевод названия был найден в верифицированных источниках, звездочку ставить не надо.

Транслитерация производится с помощью автоматического транслитератора, например, <http://translit-online.ru>. Важно использовать системы автоматического перевода кириллицы в романский алфавит; не делать транслитерацию вручную.

При подготовке раздела References транслитерируются:

- фамилия, инициалы автора (если нет автора, то транслитерируется ФИО редактора, которые берутся из сведений об ответственности, размещенных в русскоязычном описании за одной косой чертой);
- название журнала/сборника;
- название места издания;
- название издательства.

## Транслитерированные списки необходимо переработать с учетом следующих требований.

Все сведения об авторах статьи размещаются в начале библиографической записи (даже если авторов более трех). Перед инициалами в фамилиях запятая не ставится. Если в статье цитируется источник без авторства, то в начало библиографической записи выносятся данные о составителе издания или других лицах, упомянутых в сведениях об ответственности (с указанием роли в скобках после имени),

*например: / ред. И. И. Иванов → Ivanov I. I. (ed.).*

Разделительные знаки между полями:

- при описании книг: London, Taylor & Francis, 2006. 216 p.
- при описании статей: 2008;451(7177):397–399.

Знаки препинания (в том числе кавычки) должны использоваться по правилам английского языка (необходимо заменять кавычки «елочки» на “лапки”).

*Схема описания статьи:*

- авторы (транслитерация);
- перевод названия статьи на английский язык;
- название русскоязычного источника (транслитерация) курсивом;
- перевод названия источника на английский язык в квадратных скобках;
- выходные данные (только цифровые);
- указание на язык книги (In Russ.). Приводится только для русскоязычных источников.

*Например:*

Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D. V. Technical and economic optimization of hydrofracturing design. *Neftyanoe khozyaistvo* [Oil Industry]. 2008;11:54–57. (In Russ.)

*Схема описания книги в целом (монографии и т. п.):*

- авторы (транслитерация);
- перевод названия монографии на английский язык;
- выходные данные: место издания на английском языке, издательство на английском языке, если это организация (Moscow St. Univ. Publ.), и транслитерация, если издательство имеет собственное название с указанием на английском языке, что это издательство (Nauka Publ.);
- количество страниц в издании (500 p.);
- указание на язык книги (In Russ.).

*Например:*

Timoshenko S. P., Young D. H., Weaver W. Vibration problems in engineering. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p. (In Russ.)

Hindelang S., Krajewski M., eds. Shifting paradigms in international investment law: More balanced, less isolated, increasingly diversified. Oxford, Oxford University Press, 2015. 432 p.

**Подробную информацию по оформлению статьи  
и составлению списка источников см.:**

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

---

Научное издание

**ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО**

**2023 – № 2(60)**

ИЮНЬ

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**Учредитель и издатель:**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Костромской государственный университет»

**Главный редактор**

**СМИРНОВА СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА**

кандидат технических наук, доцент

Издается с 1999 года

*Журнал зарегистрирован*

*Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Регистрационный номер: ПИ № ФС 77-75262 от 7.03.2019 г.*

**16+**

*Подписной индекс 94269 в каталоге «Пресса России»*

---

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

Издательско-полиграфический отдел  
Костромского государственного университета

Подписано в печать 23.05.2023. Дата выхода в свет 5.10.2023. Формат бумаги 60×90 1/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 9,875. Заказ 108. Тираж 500.  
Цена свободная.

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

Отпечатано ИПО КГУ  
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17/11  
Т. 49-80-84. E-mail: rio-kgtu@yandex.ru

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



ДЛЯ ЗАМЕТОК

---