



Костромской
государственный
университет

ISSN 2587-6147

16+



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

1(51)
2021



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2021

№ 1(51)

АПРЕЛЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

2021

№ 1(51)

APRIL

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:

- 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности;
- 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья;
- 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА СМIRНОВА
кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственный университет

Ответственный редактор

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

НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ БЕСЧАСТНОВ
доктор искусствоведения, профессор, Российский
государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)

СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХИН

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА

кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственный университет

МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ

доктор технических наук, доцент,
Костромской государственный университет

ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА

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

МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ

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

АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

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 СМIRНОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ СТАРОВЕРОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственный университет

ВЕЙЛИН СЮ

профессор,
Уханьский текстильный университет (КНР)

EDITORIAL BOARD STAFF

Editor-in-chief

SVETLANA GENNADIEVNA SMIRNOVA
Candidate of Technical Sciences, Docent,
Kostroma State University

Executive Secretary

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

NIKOLAY PETROVICH BESCHASTNOV

Doctor of the Science of Art, Professor,
Kosygin Russian State University
(Technologies. Design. Art)

SERGEY ILICH GALANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

ALEKSANDR PAVLOVICH GRECHUKHIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

LYUDMILA YURYEVNA KIPRINA

Candidate of Technical Sciences, Docent,
Kostroma State University

MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV

Doctor of Technical Sciences, Docent,
Kostroma State University

ZHANNA YURYEVNA KOYTOVA

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

MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV

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

ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

ALEKSEY YURYEVICH 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

WEILIN XU

Professor,
Wuhan Textile University (China)

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Копарева Е. М., Зими́на М. В., Титов С. Н., Чагина Л. Л.
Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен

Сорокин Д. В., Никифоров А. Л.
Математическое моделирование нестационарного теплообмена в многослойном композиционном материале

ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Телицын А. А., Делекторская И. А., Рыжов А. И.
Технология производства стрейч-тканей на малом предприятии

Кузнецова Н. С., Шутова А. Г.
Внедрение цифровых методов управления в технологические процессы производства оческовой пряжи

Севостьянов П. А.
Статистическая модель динамики распрямления волокон при кардочесании на валичной машине

ДИЗАЙН

Галанин С. И.
Особенности обработки камней и органогенных образований для ювелирно-художественных изделий

Бесчастнов Н. П., Рыбаулина И. В., Дергилёва Е. Н.
Фактура, текстура и техноорнамент в современном дизайне: функция и художественный смысл

ПО ИТОГАМ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ»

Филиппов Г. С., Шалюхин К. А., Рашоян Г. В., Глазунов В. А., Скворцов С. А., Алёшин А. К.
Механизм манипулятора с параллельной структурой для использования в роботизированном хирургическом комплексе

Михайлов С. В., Померанцев М. А., Зимницкий О. В., Голубев С. А.
Использование цифровых моделей при проектировании и изготовлении сложнопольных режущих пластин из заготовок с плоскими гранями

Якупов Э. С.
Измерительная система на базе контроллера SBRIO-9636 и широкополосного акселерометра MEMC ADXL1005

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

CONTENTS

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

4 **Kopareva E. M., Zimina M. V., Titov S. N., Chagina L. L.** 4
Using the principles of automated optical image recognition to assess the structural stability of knitted fabrics

9 **Sorokin D. V., Nikiforov A. L.** 9
Mathematical modeling of non-stationary heat transfer in a multilayer composite material

TECHNOLOGY AND PRIMARY PROCESSING OF TEXTILE FABRICS AND RAW MATERIALS

15 **Telitsyn A. A., Delektorskaia I. A., Ryzhov A. I.** 15
The technology of “stretch” fabric production in a small factory

22 **Kuznetsova N. S., Shutova A. G.** 22
Introduction of digital management methods in the technological processes of och yarn production

28 **Sevostyanov P. A.** 28
Statistical simulation of fiber straightening dynamics in carding on roller machine

DESIGN

33 **Galanin S. I.** 33
Features of processing of stones and organogenic formations for jewelry and art products

40 **Beschastnov N. P., Rybaulina I. V., Dergileva E. N.** 40
Facture, texture and techno-ornament in modern design: function and artistic meaning

ON THE RESULTS OF THE ALL-RUSSIA SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE «DIGITAL TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL PRODUCTION»

46 **Filippov G. S., Shalyukhin K. A., Rashoyan G. V., Glazunov V. A., Skvortsov S. A., Aleshin A. K.** 46
Parallel manipulator mechanism for use in robotic surgery

52 **Mikhailov S. V., Pomerantsev M. A., Zimnitsky O. V., Golubev S. A.** 52
Usage of digital models in the design and manufacture of complex-profile cutting inserts made of blanks with flat faces

55 **Yakupov E. S.** 55
Measuring system based on the SBRIO-9636 controller and the MEMS ADXL1005 broadband accelerometer

58 REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLES 58

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.025

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8

Екатерина Михайловна Копарева¹

Марина Валерьевна Зими́на²

Сергей Николаевич Титов³

Любовь Леонидовна Чагина⁴

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

¹kat.kopareva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5700-7305>

²ziminamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

³slotings@yandex.ru

⁴lyu-chagina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

Аннотация. В статье показана возможность определения характеристик деформации растяжения трикотажных полотен методом оптико-электронной обработки цифровых изображений с использованием разработанного программного обеспечения. Методика применима для трикотажных полотен разреженных структур любого волокнистого состава. Испытания проводятся на разработанном устройстве, реализующем возможность пространственного деформирования проб. В качестве количественного показателя изменения структуры трикотажного полотна при растяжении используется коэффициент, характеризующий изменение структуры увеличением сквозной пористости полотна. Стабильность структуры трикотажного полотна оценивается показателем, определяющим восстанавливаемость петельной структуры после отдыха. Апробация методики осуществлена на льняных трикотажных полотнах. Результаты экспериментальных исследований целесообразно использовать на стадии проектирования изделий для создания трикотажных полотен, устойчивых к действию эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: трикотажные полотна, трикотажные изделия, деформация растяжения, методика, автоматизированная оценка, гистограмма цифрового изображения, программное обеспечение

Для цитирования: Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен / Е. М. Копарева, М. В. Зими́на, С. Н. Титов, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 4–8. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8>.

Ekaterina M. Kopareva, Marina V. Zimina, Sergey N. Titov, Lyubov' L. Chagina

Kostroma State University, Kostroma, Russia

USING THE PRINCIPLES OF AUTOMATED OPTICAL IMAGE RECOGNITION TO ASSESS THE STRUCTURAL STABILITY OF KNITTED FABRICS

Abstract. The article shows the possibility of determining the characteristics of stretch deformation of knitted fabrics by optoelectronic processing of digital images using the developed software. The technique is applicable for knitted fabrics of sparse structures of any fibrous composition. The tests are carried out on a developed device that implements the possibility of spatial deformation of the samples. As a quantitative indicator of the change in the structure of the knitted fabric under tension, a coefficient, that characterises the change in the structure by increasing the through porosity of the fabric, is used. The stability of the structure of the knitted fabric is evaluated by an indicator that determines the recoverability of the loop structure after rest. The method was tested on linen knitted fabrics. The results of experimental studies

© Копарева Е. М., Зими́на М. В., Титов С. Н., Чагина Л. Л., 2021

should be used at the design stage of products to create knitted fabrics resistant to the action of operational loads.

Keywords: knitted webs and articles, tension strain, technique, automated evaluation, digital image histogram, software

For citation: Kopareva E. M., Zimina M. V., Titov S. N., Chagina L. L. Using the principles of automated optical image recognition to assess the structural stability of knitted fabrics // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 4–8. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8>.

В процессе эксплуатации трикотажных изделий на участках опорной поверхности фигуры человека происходит деформирование петельной структуры полотна. Значительные деформации приводят к видимому искажению рисунка переплетения, что обуславливает снижение эстетического уровня изделия. Наиболее актуальна эта проблема для изделий из трикотажных полотен, обладающих разреженной петельной структурой, например льняных. Нестабильность структуры льняного трикотажа, в сравнении с другими полотнами, является свойством, обуславливающим специфику ассортимента изделий, их конструктивных особенностей и поведения в процессе носки [1–4]. Нецелесообразность увеличения плотности вязания вследствие повышенной жесткости льняных полотен определяет важность выявления рациональной структуры полотен с точки зрения их стабильности при эксплуатационных воздействиях [5–9].

Для количественной оценки изменения структуры трикотажного полотна при растяжении

разработана методика (рис. 1), в которой в качестве критерия используется изменение площади сквозных пор после деформации растяжения в пределах эксплуатационных нагрузок [10, 11].

Методика применима для трикотажных полотен разреженных структур любого волокнистого состава. Испытания проводятся на разработанном устройстве, реализующем возможность пространственного деформирования проб [11]. В качестве количественного показателя изменения структуры трикотажного полотна при растяжении используется коэффициент K , характеризующий изменение структуры увеличением сквозной пористости полотна:

$$K = \frac{S_1 - S_0}{S_0} 100 \%, \quad (1)$$

где S_0 – суммарная площадь сквозных пор полотна до нагружения;

S_1 – суммарная площадь сквозных пор полотна после нагружения.

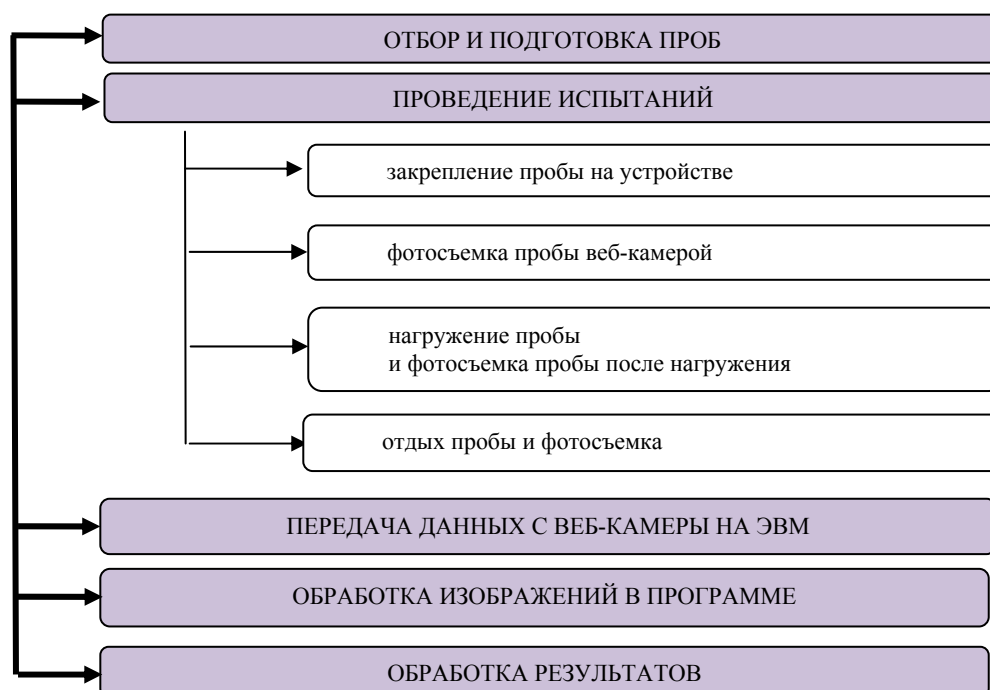


Рис. 1. Последовательность изучения деформационных свойств трикотажных полотен по гистограммам цифровых изображений

Стабильность структуры трикотажного полотна оценивается показателем, характеризующим восстанавливаемость петельной структуры после отдыха. Предлагаемый коэффициент стабильности полотна, рассчитанный по формуле (2), может являться критерием для выявления рациональных характеристик строения трикотажного полотна с точки зрения устойчивости петельной структуры к действию эксплуатационных нагрузок.

$$K_{\text{стаб}} = \left(1 - \frac{S_2 - S_0}{S_0} \right) 100 \%, \quad (2)$$

где S_2 – суммарная площадь сквозных пор полотна после нагружения и отдыха.

Определение площади сквозных пор пробы выполняется с помощью разработанного программного обеспечения, позволяющего в автоматизированном режиме получать значения коэффициента изменения структуры полотна.

Изображения трикотажного полотна до и после нагружения получают при одинаковых внешних условиях. Параметры графических преобразований в процессе обработки изображений остаются постоянными. Для сравнительной оцен-

ки используется центральная область полученных изображений, в которой определяется суммарная площадь всех сквозных пор в пикселах.

Цифровое изображение пробы состоит из светлых участков – нитей и темных участков – сквозных пор. Главная задача заключается в том, чтобы разделить изображение на составляющие части (нити и поры) для последующего определения их площадей. На первом этапе в программу загружается оптическое изображение трикотажного полотна до нагружения, затем – после действия нагрузки (рис. 2а). Обработка цифрового изображения начинается с преобразования изображения в оттенки серого. Все элементы изображения (пиксели) имеют числовое значение яркости от 0 (соответствующее черному цвету) до 255 (соответствующее белому цвету). Гистограмма, получаемая на данном этапе обработки, отражает количество пикселей, распределенных в спектре яркости. Для преобразования в черно-белое изображение необходимо задать порог для гистограммы цифрового изображения (все пиксели справа от него будут считаться белыми, слева – черными), а также сглаживание выбивающихся единичных пикселей (рис. 2б).

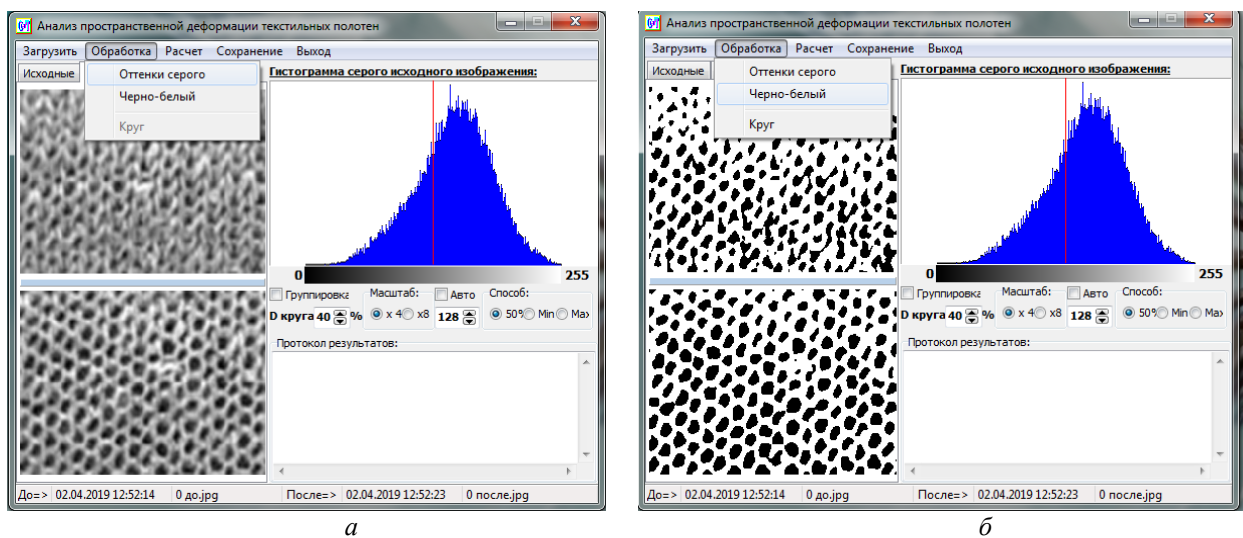


Рис. 2. Преобразование изображения в оттенки серого (а) и черно-белое (б) изображение

Далее осуществляется выделение центральной области изображения. Исследуемый участок является плоским на нагружающем элементе и обеспечивает корректность дальнейших расчетов (рис. 3а). Диаметр выделяемого круга можно корректировать, его значение зависит от фокусного расстояния камеры, с помощью которой производится фотосъемка на этапе проведения испытаний. На предварительном этапе экспериментальным способом

устанавливается оптимальное значение данного параметра. По завершении указанных преобразований происходит расчет коэффициента изменения структуры полотна по формулам (1) и (2). В конечном итоге формируется протокол проведения испытаний (рис. 3б).

В протоколе отображается информация о дате и времени проведения испытаний, размере изображения, задаваемые параметры для преобразования изображений в монохромные,

параметры, необходимые для выделения центральной области, значение площади сквозных пор до и после нагружения, значение коэффициента деформации (коэффициента изменения структуры). На рис. 4 представлен фрагмент протокола проведения испытаний.

ВЫВОДЫ

1. Разработано программное обеспечение, реализующее возможность количественной оценки изменения структуры трикотажного по-

лотна при растяжении по гистограммам цифровых изображений.

2. Критерием оценки деформационных свойств является изменение площади сквозных пор трикотажного полотна после растяжения в пределах эксплуатационных нагрузок.

3. Результаты экспериментальных исследований могут использоваться на стадии проектирования для прогнозирования устойчивости петельной структуры трикотажных полотен.

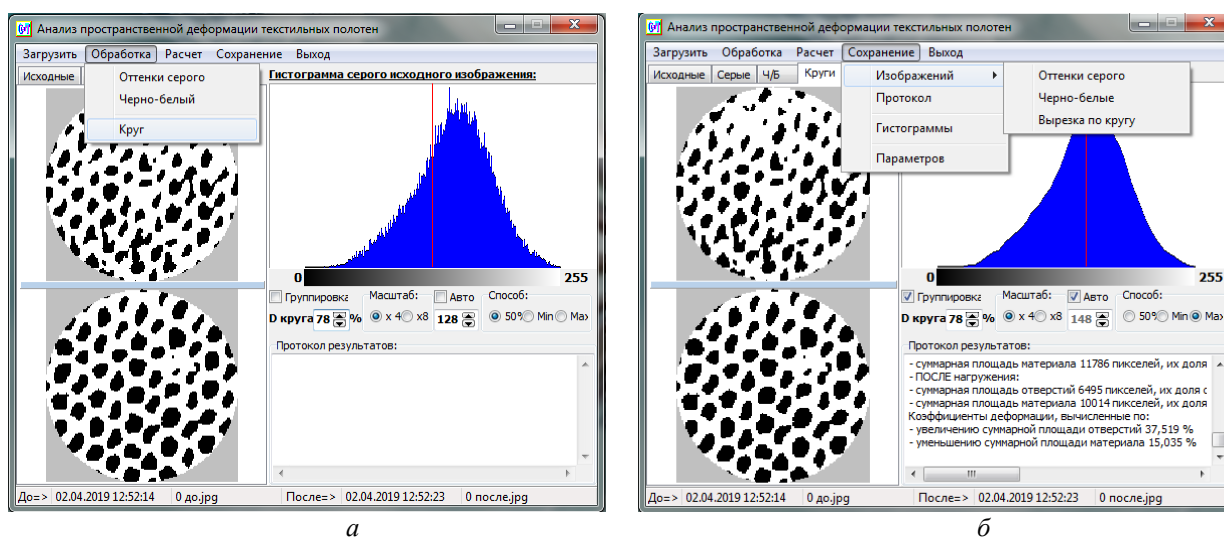


Рис. 3. Выделение центральной области изображения (а) и формирование протокола испытаний (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
Размер изображения образца до нагружения	$284 \times 186 = 52824$ пикселей
Размер изображения образца после нагружения	$284 \times 186 = 52824$ пикселей
Способ определения порога при преобразовании изображений в монохромные:	автоматический, 50 %
Значение порога	128/256
Анализ ВЫДЕЛЕННЫХ ЧАСТЕЙ монохромных изображений образца:	
Диаметр выделенного круга составляет	40 % от меньшего размера изображения
– ДО нагружения:	
– суммарная площадь отверстий	1665 пикселей, их доля составляет 38,739 %
– суммарная площадь материала	2633 пикселей, их доля составляет 61,261 %
– ПОСЛЕ нагружения:	
– суммарная площадь отверстий	1997 пикселей, их доля составляет 46,463 %
– суммарная площадь материала	2301 пикселей, их доля составляет 53,537 %
Коэффициенты деформации, вычисленные по:	
– увеличению суммарной площади отверстий	19,940 %
– уменьшению суммарной площади материала	12,609 %

Рис. 4. Фрагмент протокола испытаний

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чагина Л. Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 2. С. 91–95.
2. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А. К вопросу определения уровня качества льняных трикотажных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1. С. 153–157.
3. Чагина Л. Л. Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 16–21.

4. Чагина Л. Л., Копарева Е. М., Аверкиева О. А. Использование критериев параметрического и геометрического соответствия формы одежды фигуре человека для оценки качества льняных трикотажных изделий // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 2(33). С. 41–44.
5. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А., Вершинина А. В. Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 10–14.
6. Методика оценки жесткости при растяжении элемента трикотажного полотна / С. В. Бойко, Л. Л. Чагина, Н. А. Смирнова, М. А. Соболева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 4. С. 25–29.
7. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А., Воронова Е. М. Применение неразрушающего метода для исследования деформационных свойств льняных трикотажных полотен // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2012. № 1(28). С. 40–43.
8. Чагина Л. Л. Экспериментальное исследование жесткости при изгибе льняных трикотажных полотен по различным методикам // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 1(32). С. 36–41.
9. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние модуля петли на показатели свойств льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 1(332). С. 12–15.
10. Копарева Е. М., Чагина Л. Л. Разработка классификации методов исследования деформационных свойств текстильных полотен при пространственном растяжении // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2013. № 2(31). С. 42–46.
11. Патент на изобретение № 2619728 РФ. Способ определения изменения структуры трикотажного полотна при пространственном растяжении / Е. М. Копарева, М. А. Маринкина, С. П. Рассадина, Л. Л. Чагина. Оpubл. 17.05.2017, Бюл. № 14.

REFERENCES

1. Chagina L. L. Vliyanie svoystv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye harakteristiki izdeliya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2014. № 2. S. 91–95.
2. Chagina L. L., Smirnova N. A. K voprosu opredeleniya urovnya kachestva l'nyanyh trikotazhnyh izdelij // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2017. № 1. S. 153–157.
3. Chagina L. L. Metodika kompleksnoj ocenki kachestva l'nyanyh trikotazhnyh poloten dlya verhnih izdelij // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2015. № 6. S. 16–21.
4. Chagina L. L., Kopareva E. M., Averkieva O. A. Ispol'zovanie kriteriev parametricheskogo i geometricheskogo sootvetstviya formy odezhdy figure cheloveka dlya ocenki kachestva l'nyanyh trikotazhnyh izdelij // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 2(33). S. 41–44.
5. Chagina L. L., Smirnova N. A., Vershinina A. V. Issledovanie i uchet deformacionnyh svoystv pri proektirovanii odezhdy iz l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2011. № 1. S. 10–14.
6. Metodika ocenki zhestkosti pri rastyazhenii elementa trikotazhnogo polotna / S. V. Bojko, L. L. Chagina, N. A. Smirnova, M. A. Sobleva // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2013. № 4. S. 25–29.
7. Chagina L. L., Smirnova N. A., Voronova E. M. Primenenie nerazrushayushchego metoda dlya issledovaniya deformacionnyh svoystv l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. № 1(28). S. 40–43.
8. Chagina L. L. Eksperimental'noe issledovanie zhestkosti pri izgibe l'nyanyh trikotazhnyh poloten po razlichnym metodikam // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 1(32). S. 36–41.
9. Chagina L. L., Smirnova N. A. Vliyanie modulya petli na pokazateli svoystv l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2010. № 1(332). S. 12–15.
10. Kopareva E. M., Chagina L. L. Razrabotka klassifikacii metodov issledovaniya deformacionnyh svoystv tekstil'nyh poloten pri prostranstvennom rastyazhenii // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2013. № 2(31). S. 42–46.
11. Patent na izobretenie № 2619728 RF. Sposob opredeleniya izmeneniya struktury trikotazhnogo polotna pri prostranstvennom rastyazhenii / E. M. Kopareva, M. A. Marinkina, S. P. Rassadina, L. L. Chagina. Opubl. 17.05.2017, Byul. № 14.

Статья поступила в редакцию 02.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021

Научная статья

УДК 677.03:614.842.86

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-9-14

Дмитрий Вячеславович Сорокин¹

Александр Леонидович Никифоров²

^{1, 2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия

¹element_37@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7613-3315>

²anikiforoff@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7356-9300>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА В МНОГОСЛОЙНОМ КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос проектирования композиционного текстильного материала на основе использования 3D текстильной матрицы для боевой одежды пожарного с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Для снижения трудовых и материальных затрат на проектирование и создания альтернативы экспериментальному подбору структуры и состава материала предложена математическая модель нестационарного теплообмена в системе «окружающая среда – композиционный текстильный материал – человек». Задача распределения температуры в любой момент времени для внешнего и внутреннего слоев представлена в виде теплопереноса в многослойной пластине. Задача распределения температуры в теплоизолирующем слое материала представлена в виде теплопереноса через ограниченный стержень в воздушной среде. Разработанная математическая модель позволяет рассчитать распределение температурных полей в слоях материала при различных значениях действующего теплового потока и определить предельные параметры его теплозащитного действия.

Ключевые слова: композиционный текстильный материал, моделирование, теплообмен, математическая модель, боевая одежда пожарного, специальная защитная одежда, теплофизические показатели

Для цитирования: Сорокин Д. В., Никифоров А. Л. Математическое моделирование нестационарного теплообмена в многослойном композиционном материале // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 9–14. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-9-14>.

Original article

Dmitriy V. Sorokin, Alexandr L. Nikiforov

Ivanovo Fire Rescue Academy of SFS of EMERCOM of Russia, Ivanovo, Russia

MATHEMATICAL MODELLING

OF NON-STATIONARY HEAT TRANSFER IN A MULTILAYER COMPOSITE MATERIAL

Abstract. The article considers the issue of designing a composite textile material based on the use of a 3D textile matrix for firefighter combat clothing with improved performance characteristics. To reduce labour and material costs for design and create an alternative to the experimental selection of the structure and composition of the material, a mathematical model of non-stationary heat transfer in the “environment – composite material – human” system is proposed. The problem of temperature distribution at any time for the outer and inner layers is presented in the form of heat transfer in a multilayer plate. The problem of temperature distribution in the heat-insulating layer of the material is presented in the form of heat transfer through a limited rod in the air. The developed mathematical model allows calculating the distribution of temperature fields in the layers of the material at different values of the effective heat flow and determine the limit parameters of its thermal protection effect.

Keywords: composite textile material, modelling, heat transfer, mathematical model, firefighter's combat clothing, special protective clothing, thermophysical indicators

For citation: 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.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-9-14>.

© Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., 2021

В рамках выполнения научно-исследовательской работы в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России был разработан композиционный текстильный материал для боевой одежды пожарного (БОП) с улучшенными эксплуатационными характеристиками на основе 3D текстильной матрицы [1].

Разработанный композиционный полимерный материал предназначен для изготовления специальной защитной одежды пожарного, имеющей повышенную стойкость к воздействию интенсивного теплового излучения, к кратковременному контакту с открытым пламенем и нагретыми предметами, другим опасным факторам, возникающим при тушении пожаров и эксплуатационных нагрузках [2, с. 48].

Выбор текстильной 3D-матрицы в качестве основы разработанного материала позволяет на стадии производства регулировать его теплофизические и физико-механические показатели применительно к каждому конкретному элементу БОП без дополнительных технических решений. Технология производства таких материалов позволяет подбирать их толщину, плотность и угол наклона армирующих нитей, что определяет теплофизические и механические показатели готового изделия и дает возможность минимизировать количество шовных соединений на готовом комплекте БОП.

На рис. 1 представлен опытный образец разработанного материала.

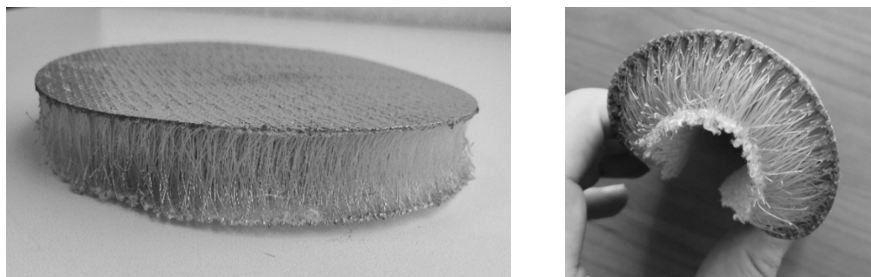


Рис. 1. Опытный образец композиционного полимерного материала

Для определения зависимости температуры в подкостюмном пространстве необходимо решить задачу теплопереноса в системе «окружающая среда – композиционный текстильный материал – человек». Поскольку толщина каждого слоя композиционного материала значительно меньше двух других линейных размеров, при решении поставленной задачи будем рассматривать облучаемую поверхность как неограниченную пластину. Так как исследуемый материал имеет сложную слоистую структуру, задача распределения температуры в любой момент времени для внешнего (слой 1) и внутрен-

Основным критерием оценки показателей теплозащитных свойств материала БОП от воздействия внешних источников тепла является температура подкостюмного пространства, или температура на внутренней поверхности пакета материалов, которая и определяет время защитного действия комплекта БОП [3, с. 18]. Следует отметить, что температура в подкостюмном пространстве зависит от двух основных показателей: от теплового потока, действующего на внешнюю поверхность материала, и от характеристик теплового сопротивления данного материала. При установившемся внешнем тепловом потоке температура в подкостюмном пространстве плавно нарастает и по истечении некоторого времени достигает критического значения, которое определяет продолжительность защитного действия БОП. Таким образом, увеличение продолжительности защитного действия БОП возможно только за счет улучшения теплоизолирующих свойств применяемых материалов. При этом экспериментальный подбор структуры и состава композиционного материала связан со значительными временными и материальными затратами при проведении испытаний по определению его соответствия нормативным требованиям. В связи с этим возникает необходимость разработки аналитических методов расчета температурного поля в композиционном материале для БОП при тепловом воздействии в ходе нормативных испытаний.

него (слой 3) слоев сводится к рассмотрению теплопереноса в многослойной пластине. Поскольку теплоизолирующий (слой 2) слой представляет собой две текстильные поверхности, объединенные между собой армирующими ортогональными мононитями в воздушной среде, то задачу распределения температуры в теплоизолирующем слое можно представить в виде теплопереноса через ограниченный стержень в воздушной среде [4, с. 404].

Схема процесса прогрева композиционного текстильного материала (далее – материал) приведена на рис. 2. На наружную поверхность

многослойной пластины воздействует тепловой поток $q_{п}$. На внутреннюю поверхность материала воздействует температура тела человека $T_{ч}$. Требуется найти распределение температуры по

толщине многослойной пластины в любой момент времени. Для каждого слоя известны численные значения коэффициента температуропроводности a_i и его толщина l_i ($i = 1, 2, 3$).

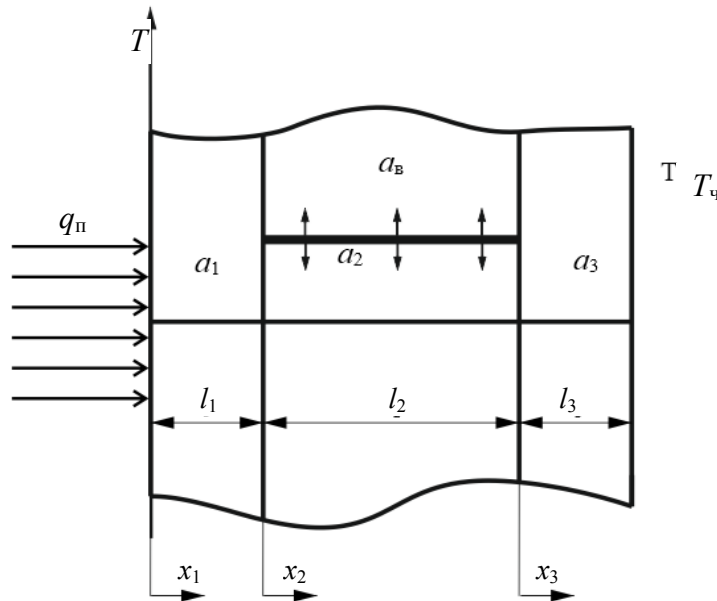


Рис. 2. Схема прогрева композиционного объемного материала

Согласно физическим представлениям о рассматриваемом процессе, математическая модель нестационарного теплопереноса для 1-го слоя материала может быть представлена в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial T_1(x_1, t)}{\partial t} = a_1 \frac{\partial^2 T_1(x_1, t)}{\partial x_1^2} \quad (t > 0, 0 \leq x_1 \leq l_1), \quad (1)$$

- где T_1 – температура 1-го слоя материала, °C;
- a_1 – коэффициент температуропроводности 1-го слоя материала, m^2/c ;
- l_1 – толщина 1-го слоя материала, м;
- x_1 – пространственная координата 1-го слоя в декартовой системе, м;
- t – время, с.

Как уже отмечалось, 2-й слой состоит из армирующих ортогональных мононитей в воздушной среде. Необходимо отметить, что нагрев воздуха внутри слоя осуществляется за счет теплоотдачи ограничивающих поверхно-

стей, а также армирующих мононитей. Именно поэтому теплоперенос в слое 2 необходимо рассматривать в двух взаимосвязанных системах: «воздух» и «мононить».

Рассмотрим процесс теплопереноса через мононить в воздушной среде.

Теплообмен между боковой поверхностью мононити и воздушной средой происходит по закону Ньютона. Поскольку воздушная прослойка замкнута, то температуру воздушной среды нельзя принимать за постоянную, она также будет изменяться во времени.

Поскольку высота и ширина мононити малы по сравнению с длиной рассматриваемой пластины, а коэффициент теплопроводности значителен, то принимаем, что перепад температур по высоте и ширине мононити равен нулю. Таким образом, задача сводится к одномерной задаче, когда перепад температуры происходит только в одном направлении.

Схематическое представление процесса прогрева 2-го слоя материала приведено на рис. 3.

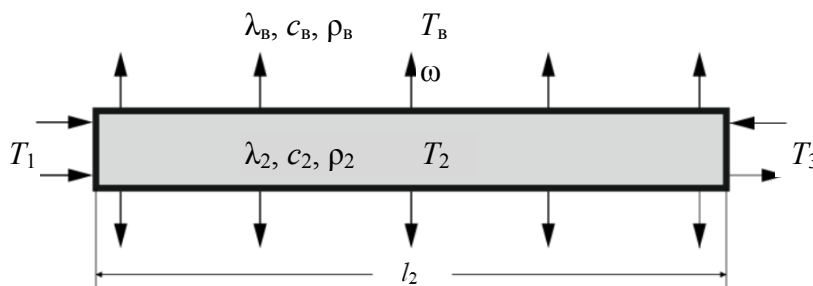


Рис. 3. Схема прогрева 2-го слоя материала

Математическую модель нестационарного теплопереноса через воздушную среду 2-го слоя материала можно представить в виде дифференциального уравнения, где теплоотдачу с боковой поверхности мононити необходимо учитывать в качестве положительного источника тепла. Процесс теплопередачи во 2-м слое будет описываться системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} c_2 \rho_2 \frac{\partial T_2(x_2, t)}{\partial t} = \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2(x_2, t)}{\partial x_2^2} - \omega, \\ c_B \rho_B \frac{\partial T_B(x_2, t)}{\partial t} = \lambda_B \frac{\partial^2 T_B(x_2, t)}{\partial x_2^2} + \omega \end{cases} \quad (t > 0, 0 \leq x_2 \leq l_2), \quad (2)$$

где T_2 – температура мононити, °C;
 T_B – температура воздушной среды, °C;
 λ_2 – коэффициент теплопроводности мононити, Вт/(м·°C);
 c_2 – удельная теплоемкость мононити, кДж/(кг·°C);
 ρ_2 – плотность мононити, кг/м³;
 λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·°C);
 c_B – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);
 ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;
 l_2 – толщина 2-го слоя материала, м;
 x_2 – пространственная координата 2-го слоя в декартовой системе, м;
 ω – количество тепла, отдаваемого единицей объема мононити в единицу времени в окружающую среду.

Математическая модель нестационарного теплопереноса для 3-го слоя материала может быть представлена в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial T_3(x_3, t)}{\partial t} = a_3 \frac{\partial^2 T_3(x_3, t)}{\partial x_3^2} \quad (t > 0, 0 \leq x_3 \leq l_3), \quad (3)$$

где T_3 – температура 3-го слоя материала, °C;
 a_3 – коэффициент температуропроводности 3-го слоя материала, м²/с;
 l_3 – толщина 3-го слоя материала, м;
 x_3 – пространственная координата 3-го слоя, м.

Положим, что в начальный момент времени температура материала по всей толщине постоянна и равна T_0 :

$$T_1(x_1, 0) = T_2(x_2, 0) = T_B(x_2, 0) = T_3(x_3, 0) = T_0. \quad (4)$$

Граничные условия:

– на левой границе (наружной поверхности) с учетом отражения части падающего потока:

$$Aq_n - \alpha_1 T_1(0, t) = -\lambda_1 \frac{\partial T_1(0, t)}{\partial x_1}, \quad (5)$$

где A – интегральная поглощательная способность 1-го слоя;

q_n – тепловой поток на левой границе материала, Вт/м²;

α_1 – коэффициент теплоотдачи с наружного слоя, Вт/(м²·°C);

λ_1 – теплопроводность 1-го слоя материала, Вт/(м·°C);

– на правой границе (внутренней поверхности) происходит процесс теплообмена с телом человека, таким образом, граничные условия третьего рода запишутся как

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3(l_3, t)}{\partial x_3} = \alpha_3 (T_3(l_3, t) - T_ч), \quad (6)$$

где λ_3 – теплопроводность 3-го слоя материала, Вт/(м·°C);

α_3 – коэффициент теплоотдачи с 3-го слоя, Вт/(м²·°C);

$T_ч$ – температура тела человека, °C.

Учитывая равенство тепловых потоков и температур на границах сопрягаемых слоев, граничные условия четвертого рода запишутся:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(l_1, t)}{\partial x_1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(0, t)}{\partial x_2}, \quad (7)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(l_1, t)}{\partial x_1} = \lambda_B \frac{\partial T_B(0, t)}{\partial x_2}, \quad (8)$$

$$T_1(l_1, t) = T_B(0, t), \quad (9)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2(l_2, t)}{\partial x_2} = \lambda_3 \frac{\partial T_3(0, t)}{\partial x_3}, \quad (10)$$

$$T_2(l_2, t) = T_3(0, t). \quad (11)$$

$$\lambda_B \frac{\partial T_B(l_2, t)}{\partial x_2} = \lambda_3 \frac{\partial T_3(0, t)}{\partial x_3}, \quad (12)$$

$$T_B(l_2, t) = T_3(0, t). \quad (13)$$

Система дифференциальных уравнений (1)–(3) вместе с начальными условиями (4) и граничными условиями (5)–(13) является мо-

делью нестационарного теплопереноса в материале в условиях пожара.

Поле температур рассчитывалось с применением явной конечно-разностной схемы с использованием неравномерной сетки [5, с. 11].

Дифференциальные уравнения теплопереноса (1), (2), (3) в конечно-разностной схеме примут вид:

$$T_{1i}^{k+1} = \frac{a_1 \tau (T_{1i-1}^k - T_{1i}^k)}{h_1^2} + T_{1i}^k \quad (i = 1, \dots, n_1); \quad (14)$$

$$\left\{ \begin{aligned} T_{2i}^{k+1} &= \frac{a_2 \tau (T_{2i-1}^k - T_{2i}^k)}{h_2^2} - \\ &\quad - \frac{2\alpha_2 \tau (T_{2i}^k - T_{Bi}^k)}{c_2 \rho_2 R} + T_{2i}^k, \\ T_{Bi}^{k+1} &= \frac{a_B \tau (T_{Bi-1}^k - T_{Bi}^k)}{h_2^2} + \\ &\quad + \frac{2\alpha_2 \tau (T_{2i}^k - T_{Bi}^k)}{c_2 \rho_2 R} + T_{Bi}^k \end{aligned} \right. \quad (i = 1, \dots, n_2); \quad (15)$$

$$T_{3i}^{k+1} = \frac{a_3 \tau (T_{3i-1}^k - T_{3i}^k)}{h_3^2} + T_{3i}^k \quad (i = 1, \dots, n_3); \quad (16)$$

где a_2 – коэффициент температуропроводности мононити 2-го слоя материала, м²/с;

a_B – коэффициент температуропроводности воздуха, м²/с;
 α_2 – коэффициент теплообмена, Вт/(м²·°С);
 R – радиус сечения мононити, м;
 τ – шаг по времени, с.

Алгоритм математического расчета процесса теплопередачи в слоях композиционного текстильного материала реализован в виде программы для ПЭВМ.

Разработанная на основе математической модели программа позволяет получить распределение температуры по слоям композиционного текстильного материала для БОП в процессе практически любого теплового воздействия и провести всесторонний анализ процесса теплопередачи (рис. 4).

ВЫВОДЫ

1. Предложена математическая модель нестационарного теплообмена в многослойном композиционном материале.
2. Использование результатов расчетов, выполненных с помощью предлагаемой математической модели, позволяет осуществлять подбор состава и толщины слоев, количества и толщины армирующих нитей для производства материалов с требуемыми свойствами и заменить их экспериментальный подбор при проектировании защитной одежды.
3. Внедрение предлагаемого метода оптимизации проектирования теплоизолирующих материалов позволит существенно снизить материальные, временные и трудовые затраты на данный процесс.

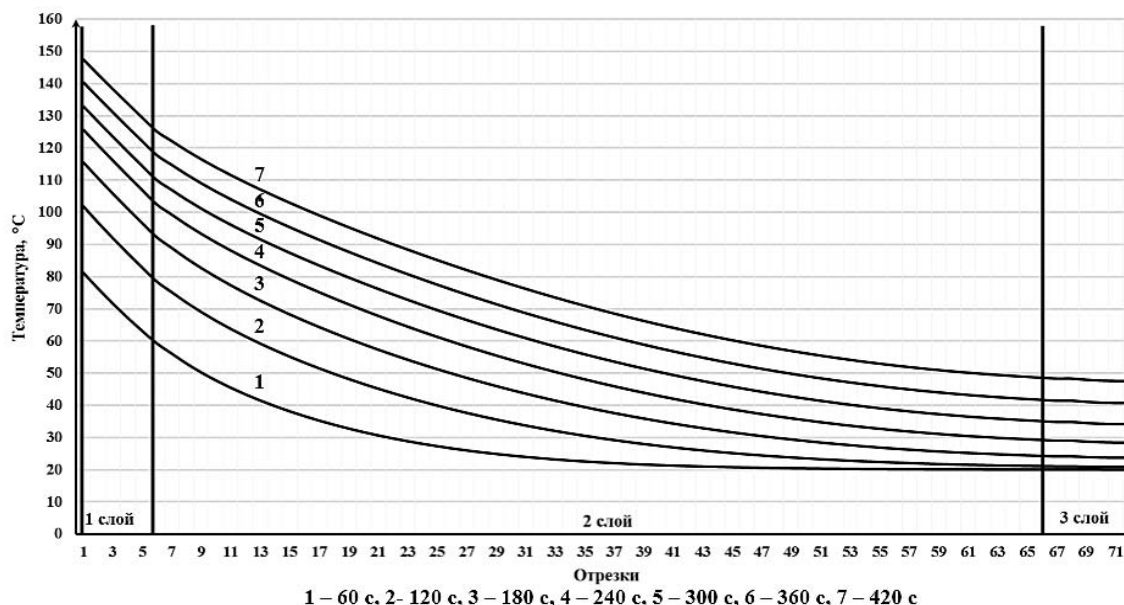


Рис. 4. График распределения температуры в материале

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полезная модель РФ № 191460. Объемный тканый огне-теплозащитный материал / Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Циркина О. Г., Ульяева С. Н., Шарабанова И. Ю. ; заявитель и правообладатель Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. Оpubл. 06.05.2019, Бюл. № 22. 3 с.
2. Композиционный полимерный материал для боевой одежды пожарного с улучшенными эксплуатационными характеристиками / Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, О. Г. Циркина, С. Н. Ульяева // SMARTEX – 2019 : сборник материалов XXII Международного научно-практического форума. Иваново : ИВГПУ. 2019. С. 47–51.
3. ГОСТ Р 53264–2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2009. 37 с.
4. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. : Высш. шк., 1967. 600 с.
5. Кузнецов Г. В., Шеремет М. А. Разностные методы решения задач теплопроводности : учеб. пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2007. 172 с.

REFERENCES

1. Poleznaya model' RF № 191460. Ob'emnyj tkanyj ogne-teplozashchitnyj material / Sorokin D. V., Nikiforov A. L., Cirкина O. G., Ul'eva S. N., SHarabanova I. Yu. ; zayavitel' i pravoobladatel' Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii. Opubl. 06.05.2019, Byul. № 22. 3 s.
2. Kompozicionnyj polimernyj material dlya boevoj odezhdy pozharnogo s uluchshennymi ekspluatacionnymi harakteristikami / D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, O. G. Cirкина, S. N. Ul'eva // SMARTEX – 2019 : sbornik materialov XXII Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma. – Ivanovo : IVGPU. 2019. S. 47–51.
3. GOST R 53264–2009. Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhdа pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. M. : Standartinform, 2009. 37 s.
4. Lykov A. V. Teoriya teploprovodnosti. M. : Vyssh. shk., 1967. 600 s.
5. Kuznecov G. V., Sheremet M. A. Raznostnye metody resheniya zadach teploprovodnosti : ucheb. posobie. Tomsk : Izd-vo TPU, 2007. 172 s.

Статья поступила в редакцию 26.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021

ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.02

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-15-21

Телицын Анатолий Алексеевич¹

Делекторская Ирина Арнольдовна²

Рыжов Александр Иванович³

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

³Агентство «Лен», Москва, Россия

¹t.n.telicina@gmail.ru

²irina.delektorskaja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0310-9437>

³Flax013@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРЕЙЧ-ТКАНЕЙ НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. В статье представлена усовершенствованная технология соединения пряжи из натуральных волокон с эластичной комплексной нитью при помощи сжатого воздуха. Приведена технологическая схема процесса. Показаны основные рабочие органы нитесоединительной машины: узел тангенциального сматывания эластановой нити, зоны дополнительного натяжения, зона пневмообработки, зона намотки. Полученная нить используется в качестве уточной, при производстве легких стрейч-тканей. Обоснована необходимость выполнения операции релаксации и термофиксации ткани. Показаны перспективы применения новой технологии на малых предприятиях текстильной отрасли. Представлена информация об особенностях технологии производства. Даны ссылки на ранее опубликованные авторами работы, а также опыт ведущих европейских специалистов. Большой объем выполненных исследований позволяет считать данную разработку готовой к внедрению.

Ключевые слова: эластичная комплексная нить, стрейч-ткань, воздушный вьюрок, релаксация, термообработка, упругое удлинение, пневмосоединение пряжи

Для цитирования: Телицын А. А., Делекторская И. А., Рыжов А. И. Технология производства стрейч-тканей на малом предприятии // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 15–21. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-15-21>.

Original article

Anatoly A. Telitsyn¹, Irina A. Delektorskaja², Alexandr I. Ryzhov³

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

³Agency “Flax”, Moscow, Russia

THE TECHNOLOGY OF “STRETCH” FABRIC PRODUCTION IN A SMALL FACTORY

Abstract. The article presents an improved technology for joining yarn from natural fibres with elastic filament of yarn using compressed air. The technological scheme of the process is presented. The main working parts of the thread connecting machine are shown – the tangential winding unit of the elastane thread, the additional tension zone, the pneumatic processing zone, the winding zone. The resulting thread is used as a weft in the production of light “stretch” fabrics. The necessity of performing the operation of relaxation and heat fixation of the fabrics is substantiated. The prospects of applying the new technology at small enterprises in the textile industry are shown. Information about the features of the production technology is presented. References are given to works previously published by the authors, as well as by the experience of leading European specialists. The large volume of research performed allows considering this development ready for implementation.

Keywords: elastic complex thread, “stretch” fabric, air-jet nozzles, relaxation, heat treatment, elastic elongation, yarn pneumatic connection

For citation: Telitsyn A. A., Delektorskaja I. A., Ryzhov A. I. The technology of “stretch” fabric production in a small factory // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 15–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-15-21>.

© Телицын А. А., Делекторская И. А., Рыжов А. И., 2021

Известно, что одними из главных требований, предъявляемых к современной одежде, являются:

- достаточно легкая растяжимость тканей, обеспечивающая свободу движений и создающая ощущение комфорта;
- высокая степень восстановления первоначальных размеров изделий после прекращения действия деформирующего усилия.

Поэтому невозможно переоценить революционное влияние эластановых комплексных нитей (ЭКН) на текстильную технологию и дизайн одежды. В настоящее время эти нити применяются для производства стрейч-тканей, которые позволяют достичь улучшения внешнего вида и потребительских свойств практически всех видов одежды.

Для эластичных тканей, помимо ЭКН, традиционно применялась текстурированная нить, обычно полиамидная, которая иногда могла обеспечить необходимый результат. Однако ЭКН имеют ряд преимуществ над текстурированной нитью. Например, для обеспечения эластичной растяжимости на уровне 15...30 % требуется относительно низкое содержание ЭКН, обычно 2...4 %. В то же время для достижения такой же эластификации ткани необходимо добавлять по меньшей мере 40 % текстурированных нитей. Из этого следует очевидный вывод: использование в системе утка ЭКН дает возможность производить ткани стрейч, которые будут на 96...98 % состоять из натуральных волокон. Такие ткани до сих пор крайне редко встречаются в сетевой торговле и относятся к разряду эксклюзивных.

Специалисты российских предприятий, как правило, мало знакомы с особенностями производства тканей стрейч. Это можно объяснить недостаточно развитыми связями с зарубежными производителями, освоившими подобные технологии. А поскольку каждое предприятие старается сохранить свои технологические секреты, отыскать нужную информацию в Интернете практически невозможно. Поэтому авторы статьи считают своим долгом поделиться результатами своих исследований с читателями журнала.

В течение ряда лет в Костромском государственном университете (КГУ) ведутся работы по созданию способа соединения ЭКН с пряжей из натуральных волокон пневматическим способом. Выбор способа объясняется тем, что:

- разработанные за рубежом известные технологии позволяют эффективно соединять при помощи сжатого воздуха ЭКН только с синте-

тическими многофиламентными нитями, например PES (POLYESTER) линейной плотностью порядка 30 текс, что не дает возможности классифицировать произведенную ткань как ткань из натуральных волокон;

- себестоимость нитей, в которых ЭКН обкручивается натуральными волокнами или пряжей малопроизводительными механическими способами, в несколько раз выше полученных высокоскоростными пневматическими способами.

В ранее опубликованных работах [1–9] приведена технология получения комбинированной нити с ЭКН модифицированным самокруточным способом со скоростью не менее 200 м/мин. Получаемая комбинированная нить имеет три составляющие: две готовые нити, соединенные с предварительно натянутой ЭКН. В качестве готовых нитей использовалась пряжа из натуральных волокон – преимущественно хлопчатобумажная и (или) льносодержащая с вложением модифицированного льняного волокна (котонин). На данное техническое решение получен патент РФ [10].

Далее такая комбинированная нить с ЭКН поступает в ткацкое производство, где используется в качестве уточной. Однако следует учитывать, что ткань, снятая с ткацкого станка, не имеет возможности значительного упругого удлинения. Оно появляется в результате проведения терморелаксации ткани воздействием влажной среды при температуре около 95 °С. Такая ткань, имеющая упругое удлинение по ширине 35...45 %, может быть использована либо для изготовления швейных изделий, не стесняющих движения при их значительной амплитуде (спортивная, рабочая, детская), либо для пошива легкой, хорошо облегающей фигуру верхней одежды молодежного сегмента. В том случае, если речь идет о костюмных тканях, то предельное упругое удлинение по ширине должно составлять величину порядка 15 %. В этом случае необходимо производить операцию термостабилизации, предварительно фиксируя ткань в поперечном направлении, например в игольном поле, как это делается на сушильно-ширильных стабилизационных машинах или ином, в том числе и специальном оборудовании, выполняющем сходные функции [11–15]. Всего в процессе создания технологии было выработано около 5000 м ткани различных артикулов, 80 % которой было реализовано в виде пошитых из нее предметов верхней одежды (платья, кофты, брюки, бриджи, топики и другие изделия, относящиеся к направлению «облегающий силуэт»).

При общей положительной оценке нашей технологии модельерами были высказаны пожелания о выработке подобных тканей, имеющих меньшую поверхностную плотность. Достижение этой цели в рамках данной технологии возможно путем уменьшения количества компонентов в уточной нити с трех [10] до двух. Для решения этой задачи специалистами Костромского государственного университета был разработан двухвьюрковый способ пневмосоединения ЭКН с пряжей из натуральных волокон. Технологическая линия экспериментального стенда приведена на рисунке.

При помощи разматывающего вала 1 ЭКН сматывается в тангенциальном направлении с катушки 2 с линейной скоростью V и поступает в питающую пару «цилиндр – нажимной валик» 4, имеющую в зажиме линейную скорость V_1 , большую, чем скорость сматывания V . За счет этого ЭКН получает принудительную вытяжку. Далее вытянутая ЭКН поступает в зажим пары «цилиндр – нажимной валик» 5, где соединяется с готовой пряжей (нитью), сматываемой в осевом направлении с конической паковки 3. Линейная скорость V_2 в зажиме пары 5 устанавливается на 1...2 % больше, чем V_1 , для обеспечения компактности сдвоенного продук-

та. Далее сдвоенный продукт поступает в зону пневмообработки двухвьюрковым аэродинамическим крутильным устройством (АКУ) 8, ограниченную парой 5 и тянущей парой «цилиндр – нажимной валик» 6. Благодаря тому, что линейная скорость V_3 меньше, чем V_2 , в зоне пневмообработки создается технологически необходимый «нагон». Сжатый воздух в двухвьюрковое АКУ подается по определенной программе при помощи программатора 9 по пневмомагистралям 10. Благодаря пневмообработке сдвоенного продукта в нем возникают так называемые ложные узлы, обеспечивающие соединение ЭКН с пряжей. Далее готовая комбинированная нить сматывается на бобину 11 при помощи мотального механизма 7. Необходимая плотность намотки обеспечивается путем бесступенчатого регулирования скорости V_4 .

Опытная переработка полученной комбинированной нити в ткачестве показала, что отсутствие в ней третьего компонента не приводит к снижению стабильности процесса ткачества. Однако предлагаемая технология позволяет вырабатывать уточные нити с ЭКН, имеющие линейную плотность примерно на 45 % меньшую, чем при использовании прежней технологии, описанной нами ранее [1, п. 1.4].

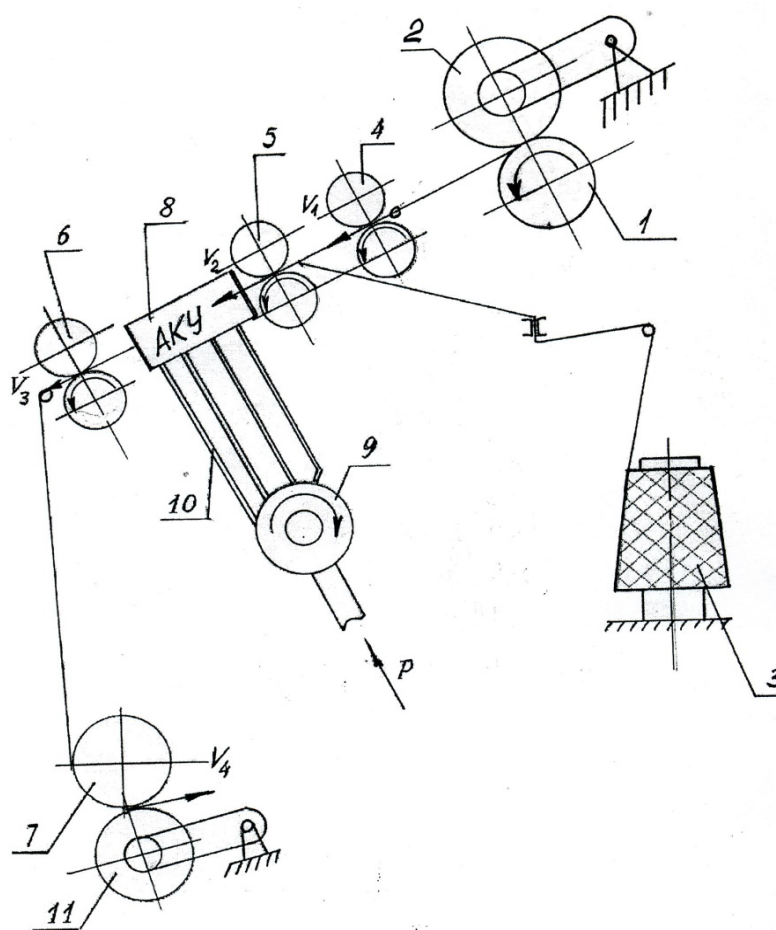


Рис. Технологическая линия экспериментального стенда

Какова область применения данной технологической разработки?

Авторами было предпринято несколько попыток заинтересовать крупные отечественные текстильные комбинаты возможностью производства ткани или даже одежды, содержащей ЭКН. Однако руководители предприятий, как правило, рассуждают следующим образом: «Мы никогда такие ткани не выпускали, у нас сложившийся ассортимент. Это все придется осваивать, а в итоге объем выпуска таких тканей составит ничтожный процент от нашего объема производства». Поэтому нам представляется более перспективной следующая стратегия.

Целесообразно заинтересовать малый бизнес. Предлагаемая технология позволяет производить новый текстильный продукт, не привлекая крупных инвестиций, что неизбежно при создании текстильного предприятия полного цикла. Для организации производства комбинированной нити с ЭКН необходимо:

- приобрести машины для формирования комбинированных нитей с ЭКН. Производительность одной машины, имеющей 4 рабочих места, около 3 кг/ч. Площадь, занимаемая одной машиной, – 1,7 м²;
- приобрести исходную пряжу из натуральных волокон;
- приобрести ЭКН. Весовая доля ЭКН обычно не превышает 7 % от веса комбинированной нити;
- принять на работу оператора машин для формирования комбинированных нитей. В том случае, если в процессе используется пряжа, прошедшая операцию перемотки на мотальном автомате, обрывность «по вине» пряжи практически отсутствует. Тогда задачами оператора являются общее наблюдение за процессом, замена питающих паковок и съем наработанных бобин. Норма обслуживания в этом случае составит от 16 до 24 машин в зависимости от массы питающих паковок.

Дальнейшие действия, если целью предприятия ставится получение максимальной прибыли, не следует, на наш взгляд, ограничивать сбытом произведенной комбинированной нити с ЭКН. Предпочтительным вариантом является выполнение дальнейших технологических переходов по кооперации путем заключения договоров с уже действующими текстильными предприятиями. Здесь мы имеем в виду ткачество, отделку, крашение ткани, нанесение печатного рисунка и, в идеале, пошив швейных изделий.

Разумеется, заказ следует размещать на предприятии, имеющем необходимое технологическое оборудование. Поэтому для грамотного выбора предприятия мы приводим ниже некоторые важные сведения из руководящих материалов концерна “Bayer”, а также информацию, полученную нами от иностранных специалистов во время многократного участия в международных выставках.

Рекомендации по использованию ЭКН в ткачестве

Хранение. ЭКН следует хранить в закрытой упаковке при температуре на складе около 27 °С и относительной влажности воздуха от 30 до 80 %. ЭКН следует использовать в течение 3 месяцев с момента поставки.

Термические свойства ЭКН. Максимальная температура, которую ЭКН претерпевает в процессе обработки, достигается при термическом формовании, так называемой фиксации. Упругие свойства ЭКН не изменяются при температуре от 10 до 45 °С. При дальнейшем повышении температуры начинается усадка. Начало усадки – при 75...80 °С. Такую усадку можно трактовать как вид предварительного размягчения в результате разрушения соединительных связей между твердыми и мягкими сегментами структуры ЭКН. Температура максимальной усадки для нитей из сложного полиэфира – 160...165 °С, для нитей из простого полиэфира – 170...180 °С. При температуре более 190 °С в нитях из сложного полиэфира и чуть более высокой – в нитях из простого полиэфира начинается процесс размягчения, что приводит к разрыву нитей вследствие возрастающего напряжения.

Процесс крашения. ЭКН хорошо окрашиваются. При совместном крашении ЭКН с нитями других видов (в трикотаже, ткани) следует использовать красители для полиамида, а именно дисперсные, кислотные и металлокомплексные красители.

Дисперсные красители характеризуются особенно хорошими выравнивающими и окрашивающими свойствами, умеренной устойчивостью окраски, поэтому их применение рекомендуется для получения светлых пастельных тонов.

Кислотные красители образуют с ЭКН соли – более прочные химические соединения с лучшей устойчивостью, поэтому их можно применять для получения средних или темных тонов. При совместном окрашивании с полиамидом следует обращать внимание на различный аффинитет (способность взаимодействовать

вать с каким-либо веществом) обоих типов нитей, поэтому для целенаправленного крашения ЭКН рекомендуется проводить рациональный выбор красителя и вспомогательных веществ путем проведения лабораторного эксперимента.

При проведении заключительной отделки препаратами, улучшающими устойчивость (например, MESITOL NBS), необходимо подчеркнуть, что наиболее значительно повышается устойчивость к мокрым обработкам кислотных красителей.

Металлокомплексные красители, где в качестве связующего звена выступает преимущественно хром, как и кислотные красители, характеризуются лучшей устойчивостью и менее сильными выравнивающими свойствами.

Изделия из хлопка с ЭКН окрашиваются субстантивными, активными, иногда кубовыми и сернистыми красителями, при этом нити ЭКН не окрашиваются. При необходимости окрашивания и ЭКН следует дополнительно проводить обработку красителями, аналогичную для полиамидосодержащих изделий.

Общие принципы крашения и отделки полотна с ЭКН. При крашении и отделке полотно, содержащее ЭКН, приобретает цвет и хороший внешний вид, а также окончательные технические и эластические свойства.

Растяжимость материала обеспечивается тем, что обрабатываемая в растянутом состоянии ЭКН во время обработки и хранения уплотняется. Пределы растяжимости определяются структурой изделия, образованной неэластичными нитями. Желаемое упругое восстановление после растяжения и снятия нагрузки зависит от силы упругого восстановления растянутых ЭКН и от сопротивления уплотненной структуры изделия. Для достижения желаемых свойств изделия суровье подвергается воздействию пара, горячей воды или горячего воздуха. Если некоторые изделия, например корсетный тюль с рашель-машин, достигают необходимого качества при оптимальной усадке без дополнительной фиксации горячим воздухом, другим видам продукции после релаксации может потребоваться стабилизирующая фиксация горячим воздухом при температуре около 195 °С при времени обработки, устанавливаемом опытным путем. Выбор процесса и способа крашения определяются в основном по неэластичным нитям, что позволяет создавать требуемую поверхность материала. При этом следует обращать особое внимание на интенсивность температурных и химических воздействий для сохранения необходимых качеств ЭКН. Кроме того, рекомендуется учесть необходимость целенаправленно-

го окрашивания ЭКН при рациональном выборе соответствующего красителя и вспомогательных веществ в зависимости от использования матового или прозрачного типа ЭКН и того, насколько он заметен на поверхности полотна. Использование прозрачного или матового типа ЭКН зависит от применяемых нитей и от желаемого блеска полотна. С точки зрения колористики следует помнить, что белый цвет наилучшим образом поддерживает матовая ЭКН, а для окрашенной продукции рекомендуется прозрачная ЭКН.

Релаксация. Релаксация сырья может проводиться паром или горячей водой. При такой отделке материал должен направляться в аппарат при возможно минимальном его натяжении, чтобы свободная усадка происходила, по крайней мере, до желаемой плотности.

Релаксация на запарочных столах. При использовании этого широко известного метода степень усадки в основном зависит от самого изделия, однако степень релаксации может регулироваться количеством пара и скоростью прохождения материала. Сырье должно подаваться на подпаривающий стол с опережением. Для изделий с сильной склонностью к закручиванию краев или для получения заданной ширины материала рекомендуется использовать подпаривающий стол с боковыми игольчатыми направляющими.

Релаксация пропариванием на входе в сушильно-ширильную машину. При таком способе отделки наибольшее влияние на степень усадки полотна оказывает установленная ширина ширильной рамы, а особым преимуществом этого метода является обеспечение постоянной ширины материала во всей обрабатываемой партии. При необходимости дальнейшей отделки в автоклаве неперенным условием является равномерное сматывание материала. Степень усадки эластичного материала по ширине из-за его веса при пропаривании на входе в сушильно-ширильную машину не всегда так высока, как при предварительной усадке другими методами. Температура в сушильно-ширильной машине должна составлять 150 °С. При комбинировании усадки и фиксации горячим воздухом температура повышается до 190...195 °С.

Релаксация обработкой в горячей воде. Промывку и усадку материала можно успешно производить при малом натяжении полотна в расправку в промывных аппаратах в температурном диапазоне от 60 до 90 °С.

Фиксация горячим воздухом. Фиксация горячим воздухом проводится в том случае, если степень усадки ткани относительно ее веса

на квадратный метр, длина и ширина не соответствуют запросам покупателя. Кроме того, этот метод обработки используется при необходимости стабилизации размеров полотна для устранения или ослабления тенденции к закручиванию краев материала. Необходимая степень фиксации в основном зависит от вида изделия, поэтому эти данные нельзя представить в общем виде. Принимая во внимание эластичные свойства изделия, не следует проводить фиксацию в более жестких условиях, чем это необходимо, однако она должна осуществляться в достаточной мере для удовлетворения запросов покупателей и хорошей степени усадки. Соответствующие условия фиксации, которые легко можно вычислить в ходе предварительных испытаний, определяются временем воздействия и составляют 25...60 с. Температура обработки зависит прежде всего от типа использованной

ЭЖН: для простого полиэфира 195 °С, для сложного – 190 °С.

ВЫВОДЫ

1. Использование усовершенствованной технологии пневмосоединения пряжи из натуральных волокон с эластичными комплексными нитями позволило на 45 % уменьшить линейную плотность получаемой комбинированной нити.

2. Полученная двухкомпонентная комбинированная нить используется в качестве уточной при выработке стрейч-тканей.

3. Разработанную технологию рекомендуется использовать в условиях малых предприятий, как не требующую значительных инвестиций.

4. Большой объем проведенных исследований позволяет определить данную разработку как готовую к внедрению.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Телицын А. А., Филатова Н. И., Делекторская И. А. Конструирование самокруточного оборудования второго поколения : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. 139 с.
2. Телицын А. А., Делекторская И. А., Новиков С. В. Особенности формирования самокрученной структуры из готовых нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2004. № 3(278). С. 31–34.
3. Телицын А. А., Делекторская И. А., Новиков С. В. Практическая реализация процессов трощения и кручения при помощи реверсивного аэродинамического вьюрка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. № 2(283). С. 40–41.
4. Делекторская И. А. Создание технологии формирования комбинированных нитей с эластомерами усовершенствованным самокруточным способом : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2005. 143 с.
5. Делекторская И. А., Телицын А. А., Новиков С. В. Определение скоростных параметров процесса формирования комбинированных нитей с эластомером самокруточным способом // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2006. № 13. С. 56–58.
6. Telitsyn A. A., Delektorskaya I. A. Specifics of Forming a Self-twisted Product in Assymetrical Torsion Device // *Fibres and Textile in Eastern Europe*. 2014. No 3(105). P. 58–60.
7. Делекторская И. А., Телицын А. А., Любимова С. В. Исследование процесса размота эластомера на модернизированной прядильной машине ПСК-225-ЛО // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2005. № 11. С. 32–34.
8. Формирование самокрученного продукта из готовых нитей / В. Г. Выскварко, И. А. Делекторская, А. А. Телицын, Н. И. Филатова // Вестник НГИЭИ. 2018. № 3(82). С. 7–17.
9. Телицын А. А., Делекторская И. А. Моделирование модифицированного процесса самокручения // *Материалы и технологии*. 2019. № 2(4). С. 16–22.
10. Патент РФ №2228397 МПК D02G 3/28. Устройство для формирования композитных нитей аэродинамическим способом. Опубл. 10.05.2004 / Телицын А. А., Королев М. В., Делекторская И. А.
11. Телицын А. А., Делекторская И. А., Кешишян Х. Ш. Технология производства льняной ткани «стрейч» // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2009. Т. 4, № 2. С. 86–87.
12. Делекторская И. А., Телицын А. А. Технология формирования высокоупругой ткани из натуральных волокон // *Научный вестник КГТУ*. 2010. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2010-2-7.pdf> (дата обращения: 5.02.2021).
13. Делекторская И. А., Телицын А. А., Трошина З. К. Особенности термообработки тканей из натуральных волокон с эластомером // *Научные труды молодых ученых КГТУ*. Кострома, 2006. Вып. 7. С. 36–39.

14. Влияние эластичных комбинированных самокруточных (КСК-структуры) нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей / М. Л. Королева, Н. А. Смирнова, П. Н. Рудовский, И. В. Мининкова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 1(313). С. 18–20.
15. Делекторская И. А., Телицын А. А. Влияние заправочных параметров машины на формирование комбинированных нитей из натуральных волокон с эластомером // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2011. № 1(26). С. 16–18.

REFERENCES

1. Telicyn A. A., Filatova N. I., Delektorskaya I. A. Konstruirovaniye samokrutochnogo oborudovaniya vtorogo pokoleniya : monografiya. Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2014. 139 s.
2. Telicyn A. A., Delektorskaya I. A., Novikov S. V. Osobennosti formirovaniya samokruchenoj struktury iz gotovyh nitej // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2004. № 3(278). С. 31–34.
3. Telicyn A. A., Delektorskaya I. A., Novikov S. V. Prakticheskaya realizaciya processov troshcheniya i krucheniya pri pomoshchi reversivnogo aerodinamicheskogo v'yurka // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2005. № 2(283). С. 40–41.
4. Delektorskaya I. A. Sozdaniye tekhnologii formirovaniya kombinirovannyh nitej s elastomerami usovershenstvovannym samokrutochnym sposobom : dis. ... kand. tekhn. nauk. Kostroma, 2005. 143 s.
5. Delektorskaya I. A., Telicyn A. A., Novikov S. V. Opredeleniye skorostnyh parametrov processa formirovaniya kombinirovannyh nitej s elastomerom samokrutochnym sposobom // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2006. № 13. С. 56–58.
6. Telitsyn A. A., Delektorskaya I. A. Specifics of Forming a Self-twisted Product in Assymetrical Torsion Device // Fibres and Textile in Eastern Europe. 2014. № 3(105). P. 58–60.
7. Delektorskaya I. A., Telicyn A. A., Lyubimova S. V. Issledovaniye processa razmota elastomera na modernizirovannoj pryadil'noj mashine PSK-225-LO // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2005. № 11. С. 32–34.
8. Formirovaniye samokruchenoego produkta iz gotovyh nitej / V. G. Vyskvarko, I. A. Delektorskaya, A. A. Telicyn, N. I. Filatova // Vestnik NGIEI. 2018. № 3(82). С. 7–17.
9. Telicyn A. A., Delektorskaya I. A. Modelirovaniye modificirovannogo processa samokrucheniya // Materialy i tekhnologii. 2019. № 2(4). С. 16–22.
10. Patent RF №2228397 MPK D02G 3/28. Ustrojstvo dlya formirovaniya kompozitnyh nitej aerodinamicheskim sposobom. Opubl. 10.05.2004 / Telicyn A. A., Korolev M. V., Delektorskaya I. A.
11. Telicyn A. A., Delektorskaya I. A., Keshishyan H. SH. Tekhnologiya proizvodstva l'nyanoj tkani «strejch» // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. 2009. Т. 4, № 2. С. 86–87.
12. Delektorskaya I. A., Telicyn A. A. Tekhnologiya formirovaniya vysokouprugoj tkani iz natural'nyh volokon // Nauchnyj vestnik KGTU. 2010. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2010-2-7.pdf> (data obrashcheniya: 5.02.2021).
13. Delektorskaya I. A., Telicyn A. A., Troshina Z. K. Osobennosti termoobrabotki tkaney iz natural'nyh volokon s elastomerom // Nauchnye trudy molodyh uchenyh KGTU. Kostroma, 2006. Vyp. 7. С. 36–39.
14. Vliyanie elastichnyh kombinirovannyh samokrutochnykh (КСК-структуры) нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей / М. Л. Королева, Н. А. Смирнова, П. Н. Рудовский, И. В. Мининкова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 1(313). С. 18–20.
15. Delektorskaya I. A., Telicyn A. A. Vliyanie zapravochnykh parametrov mashiny na formirovaniye kombinirovannyh nitej iz natural'nyh volokon s elastomerom // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2011. № 1(26). С. 16–18.

Статья поступила в редакцию 18.01.2021
Принята к публикации 11.03.2021.

Научная статья

УДК 677.1.022-161

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-22-27

Наталья Сергеевна Кузнецова¹

Анастасия Геннадьевна Шутова²

^{1, 2}Военная академия радиационной, химической и биологической защиты им. Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко, г. Кострома, Россия

¹let044@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1818-3602>

²toshutova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8874-122X>

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ОЧЕСКОВОЙ ПРЯЖИ

Аннотация. В статье описываются способы автоматизации технологических процессов в короткой системе прядения при производстве оческовой пряжи. Рассмотрена степень автоматизации всех этапов технологической цепочки. В частности, внедрение цифровых методов управления при использовании автоматического слоеформирующего бункерного питателя поточной линии (устройство защищено патентом РФ), позволяющих повысить качество полуфабрикатов за счет уменьшения длинноволновой неровности и, соответственно, выравнивания рулонов с лентой по массе; применение на кардочесальной машине системы автоматического выравнивания развеса, позволяющей увеличить ровноту формируемой ленты; возможность оснащения прядильной вьюрковой машины датчиками обрывности и системой пневматической автозаправки, позволяющих повысить производительность и уменьшить время простоев, тем самым увеличить коэффициент полезного времени прядильной машины.

Ключевые слова: текстильная промышленность, короткая система прядения, автоматизация технологического процесса, цифровые методы управления, повышение качества, оческовая пряжа, автоматический слоеформирующий бункерный питатель

Для цитирования: Кузнецова Н. С., Шутова А. Г. Внедрение цифровых методов управления в технологические процессы производства оческовой пряжи // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 22–27. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-22-27>.

Original article

Natal'ya S. Kuznetsova¹, Anastasiya G. Shutova²

^{1, 2}Marshal of the Soviet Union Timoshenko military Academy of Raiation, Chemical & Biological Defence, Kostroma, Russia

INTRODUCTION OF DIGITAL MANAGEMENT METHODS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF FLAX TOW YARN PRODUCTION

Abstract. The ways of automating the process chain in a short spinning system, when producing combed yarn, are described in the article. The degree of automation of all stages of the process chain is the subject of the article. In particular, the introduction of digital control methods, when using an automatic layer forming hopper of the production line (the device is protected by a patent of the Russian Federation), which increases the quality of semi-finished products by reducing long sliver unevenness and, consequently, by aligning the sliver coils by mass; application of the automatic sliver levelling system, which allows to increase the evenness of the formed sliver; on the card; possibility to equip the spinning rotor with breakage sensors and the pneumatic autolevelling system, which allows to increase the productivity and to reduce the down time, increasing the ratio of the useful time of the spinning machine.

Keywords: textile industry, short spinning system, process automation, digital control methods, quality improvement, flax tow yarn, automatic layer forming hopper

For citation: Kuznetsova N. S., Shutova A. G. Introduction of digital management methods in the technological processes of flax tow yarn production // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 22–27. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-22-27>.

Процесс автоматизации технологической цепочки производства готового продукта представляет собой комплексную последовательность операций по управлению качеством продукции с использованием современных средств контроля и программно-аппаратного комплекса, направленную на регулировку параметров технологического процесса (рис. 1).

Обеспечение контроля качества и автоматического его поддержания с использованием специальных программно-аппаратных комплексов достигается путем применения цифровых методов управления качеством готового продукта.

В качестве наглядного примера рассмотрим технологическую цепочку переработки коротковолокнистого льна вьюрковым способом прядения, представленную на схеме в таблице, которую можно считать относительно новой в производстве.

Значительная часть льняного сырья, перерабатываемого на льнопрядильных фабриках, приходится на долю коротких волокон: очесы трепаного льна; короткое льняное волокно; спуск; прядомые отходы; рвань ровницы; рвань ленты и т. п. [1]. Эти виды коротких волокон перерабатываются по так называемой короткой

системе прядения мокрым или сухим способом, результатом прядения является оческовая пряжа. Подготовительные этапы прядения можно считать классическими.



Рис. 1. Схема автоматизации технологического процесса

Как показано в таблице, в настоящее время не все промежуточные этапы технологического процесса автоматизированы или автоматизированы частично [2].

Т а б л и ц а

Степень автоматизации технологической цепочки производства оческовой пряжи вьюрковым способом

Этапы технологической цепочки	Промежуточный продукт	Степень автоматизации
Поточная линия с автобункером (ПЛ-150-П, ПЛ-КЛ)	Рулон с лентой	Автоматизирован частично
Кардочесальный агрегат (Ч-600-Л1)	Лента в тазу	Автоматизирован
Ленточные машины (ЛЛ-1,2,3-Л1)	Лента в тазу	Автоматизированы недостаточно
Ровничные машины (РМ-216-Л, РН-216-Л)	Катушка с ровницей	
АКДН, АКДС	Катушка с ровницей белой	Автоматизирован
Вьюрковые прядильные машины (двух-; трехвьюрковое АКУ)	Оческовая пряжа	Требует автоматизации
сушка		
трикотаж, ткачество (уток)		

Первым переходом в технологической цепочке выступает поточная линия. Поточная линия – комплекс машин, выполняющих основные

и вспомогательные операции единого технологического процесса, характеризующегося непрерывным перемещением материала по ходу

процесса. Все машины и узлы поточных линий соединены между собой в одну кинематически и технологически увязанную схему. Усовершенствовать поточные линии и повысить автоматизированность процессов можно оснащением их автоматическим бункерным питателем. Обычные бункерные питатели обладают существенным недостатком – они не обеспечивают постоянство линейной плотности слоя, выходящего из бункера, на больших отрезках. В льняной промышленности квадратическая неровность по массе рулонов ленты, получаемой с поточных линий как с ПЛ-КЛ, так и с более совершенных типа ПЛ-150-П, составляет 12...18 %, а максимальные отклонения могут достигать до 20...25 %.

Разработано и защищено патентом РФ [3] устройство автоматического слоеформирующего бункера (рис. 2). Его технической задачей является обеспечение высокой точности формирования заданной величины линейной плотности

слоя волокнистого материала, которая реализуется за счет применения новой системы управления перемещением подвижной стенки бункера в зависимости от толщины выводимого слоя волокнистого материала, которая определяется с помощью контроллера – измерительного валика.

На рис. 2а представлена схема автоматического бункерного питателя. Основным элементом конструкции является вертикальный бункерный питатель 1 (неподвижные стенки бункера), 2 – подвижная стенка бункера, шарнирно закрепленная в верхней части, 3 – измерительный валик, шарнирно связанный с двуплечим рычагом 4. Блок переключателей 5 смонтирован неподвижно и несет на себе переключатели 6 и 7, электрически связанные с импульсным коммутатором 8 и электродвигателем 9. Редуктор 10 преобразует вращательное движение электродвигателя 9 в поступательное движение тяги 11, механически связанной с подвижной стенкой бункера 2 [4].

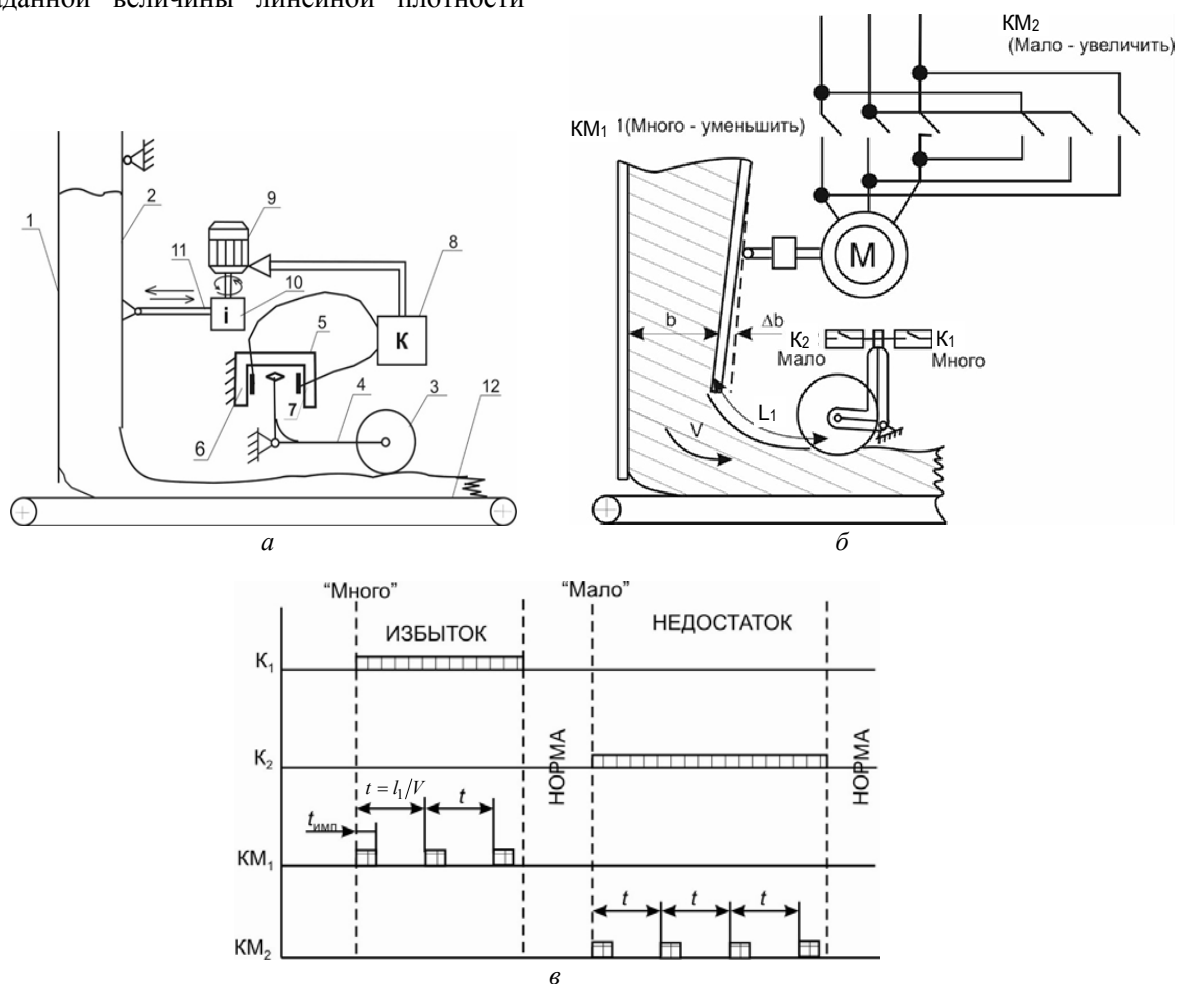


Рис. 2. Автоматический слоеформирующий бункер:

а – принципиальная схема; б – условная принципиальная электрическая схема;

в – диаграмма импульсного управления двигателем привода стенки бункера;

1 – вертикальный бункерный питатель (неподвижные стенки бункера);

2 – подвижная стенка бункера, шарнирно закрепленная в верхней части; 3 – измерительный валик;

4 – двуплечий рычаг; 5 – блок переключателей; 6 и 7 – переключатели; 8 – импульсный коммутатор;

9 – электродвигатель; 10 – редуктор; 11 – тяга; 12 – транспортирующее устройство

На рис. 2б приведена условная принципиальная электрическая схема управления перемещением передней стенки автоматического слоеформирующего бункера.

Работа системы управления схематично приведена на рис. 2в.

Регулирование линейной плотности в указанных устройствах осуществляется за счет изменения ширины выпускного сечения бункера в зависимости от изменения толщины формируемого слоя волокнистого материала на выходе из бункерного питателя. Контроль за толщиной слоя волокна производится с помощью нажимного валика.

Для проектирования данных устройств решена задача о расчете толщины слоя под нажимным валиком (рис. 3) и определена величина перемещения валика в зависимости от изменения объемной плотности волокна для задания величины перемещения стенки бункера. Исходными данными являются:

b_0 – толщина слоя волокна, вышедшего из бункерного питателя;

E_z – модуль сопротивления сжатию, характеризующий механические свойства волокнистого материала при сжатии;

ρ_0 – плотность слоя волокна, вышедшего из бункерного питателя;

ρ^* – предельная плотность слоя волокна, вышедшего из бункерного питателя;

ε^* – предельная относительная деформация;

r – радиус окружности нажимного валика.

Искомая величина – b_i .

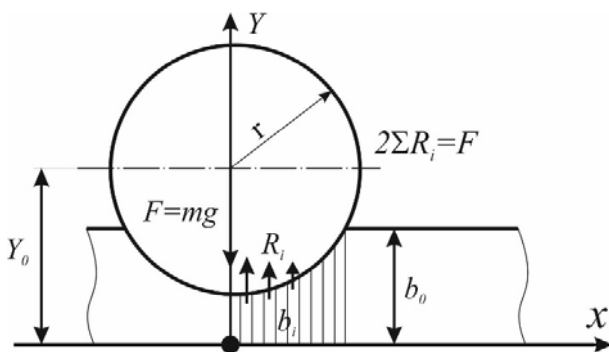


Рис. 3. Модель для расчета толщины слоя под валиком

Волокно, проходя под нажимным валиком, подвергается деформации, и, естественно, возникают напряжения $\sigma(\varepsilon_i)$. Формула зависимости напряжения от относительной деформации [5]

$$\sigma(\varepsilon_i) = K \frac{\varepsilon_i}{(\varepsilon^* - \varepsilon_i)^{\varepsilon^*}}$$

Уравнение окружности: $y = Y_0 \pm \sqrt{r^2 - x^2}$.

Следовательно, толщина под валиком в любой точке

$$b_i = Y_0 - \sqrt{r^2 - x_i^2}$$

Координата центра окружности

$$Y_0 = b_0 + \sqrt{r^2 - x_0^2}$$

Получается, что

$$b_i = b_0 + \sqrt{r^2 - x_0^2} - \sqrt{r^2 - x_i^2}$$

Деформация слоя

$$\varepsilon(x) = \frac{b_0 - b_i}{b_0} = \frac{\sqrt{r^2 - x_0^2} - \sqrt{r^2 - x_i^2}}{b_0}$$

в этом уравнении второе слагаемое является константой для каждого конкретного случая,

для удобства: $\frac{\sqrt{r^2 - x_0^2}}{b_0} = K_1$.

Так как напряжение есть функция от деформации, получается

$$\begin{aligned} \sigma(x) &= K \frac{\frac{\sqrt{r^2 - x^2} - \sqrt{r^2 - x_0^2}}{b_0}}{\left(\varepsilon^* - \frac{\sqrt{r^2 - x^2} - \sqrt{r^2 - x_0^2}}{b_0}\right)^{\varepsilon^*}} = \\ &= K \frac{\frac{\sqrt{r^2 - x^2}}{b_0} - K_1}{\left(\varepsilon^* - \frac{\sqrt{r^2 - x^2}}{b_0} + K_1\right)^{\varepsilon^*}} \end{aligned}$$

При этом создается реакция $R(x) = \sigma(x)S$ (где S – площадь поверхности; $\sigma(x)$ – напряжение, возникающее в сечении слоя), которая является распределенной нагрузкой по всей поверхности соприкосновения, следовательно, выражение реакции надо интегрировать по x . По суммарному уравнению сил: $\sum F_y = 0$, следова-

тельно, $2 \int_0^{x_0} R(x) dx = F$. Чтобы подсчитать реакцию

волокна на вес валика требуется определить, какое напряжение возникает в сечениях слоя волокна. Принимается начальное положение такое, что валик лежит на слое волокна, не

продавливая его. Координата центра окружности валика $Y_0 = r + b_0$. Эта величина разбивается на множество элементарных участков dY . Валик постепенно «опускается» в слой волокна. Величина $Y_i = Y_0 - dY$ – новая координата центра окружности валика. Для каждого Y_i подсчитывается общая реакция волокна на текущее положение валика. Считается до тех пор, пока реакция не сравняется с весом валика. Для решения задачи написана программа (рис. 4) в математическом приложении MathCad, результатом которой является значение, определяющее величину перемещения стенки бункера. Результат подается на коммутатор, запуская систему управления.

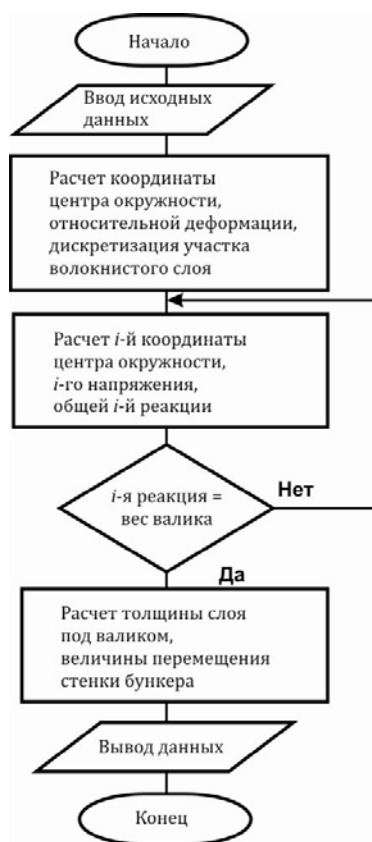


Рис. 4. Алгоритм программы для расчета толщины слоя под нажимным валиком

Достоинствами модернизации поточных линий таким бункерным питателем являются минимальные изменения в конструкции бункерного питателя, простота и экономичность изготовления системы автоматического регулирования [4, 5].

Второй этап технологической цепочки также автоматизирован. Здесь применяется система автоматического выравнивания развеса на кардочесальных агрегатах, которая позволяет увеличить ровноту формируемой ленты.

Следующими этапами в процессе получения оческовой пряжи являются ленточный и ровничный переходы. На ленточных машинах успешно применяются вытяжные приборы с автоматическим регулированием линейной плотности ленты [6]. Ровничная машина является наиболее сложной в эксплуатации и наладке машиной прядильного производства. Этим, по-видимому, объясняется низкий уровень автоматизации этих машин. Решение данной проблемы возможно путем внедрения новых бескруточных ровничных машин, имеющих более простую кинематику и более приспособленных к автоматизации процессов на них [7–10].

Этап прядения в рассматриваемой технологической цепочке осуществляется на вьюрковых прядильных машинах [6, 7]. Так как процесс вьюркового прядения льна относительно новый, его автоматизация находится на стадии разработки. Процесс вьюркового прядения можно автоматизировать, применяя датчики обрыва и пневмозаправку мычки, аналогичные установленным на кольцепрядильных машинах.

На сегодняшний день обрывность при вьюрковом прядении невысокая, но устранение обрыва – трудоемкий и затратный по времени процесс, осуществляемый вручную. Автоматизация останова при обрыве, сигнализация обрыва и последующее применение дополнительного мычкоулавливающего сопла позволит сократить время перезаправки оборудования.

В результате применения различных автоматических и автоматизированных систем в технологических процессах формирования оческовой пряжи повышается как качество полуфабрикатов, так и производительность оборудования. Целесообразно продолжить процесс цифровизации технологического оборудования для получения как льняной, так и оческовой пряжи.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена степень автоматизации технологической цепочки производства оческовой пряжи с применением цифровых методов управления технологическим процессом.
2. Предложен программно-аппаратный комплекс регулирования толщины волокнистого слоя в автоматических бункерных питателях поточных линий.
3. Рассмотрены перспективные пути автоматизации отдельных этапов технологической цепочки производства оческовой пряжи вьюрковым способом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крестьянов С. В., Гинзбург Л. Н. Пути повышения качественного использования льняного очеса и короткого волокна // *Текстильная промышленность*. 2007. № 4. С. 4–7.
2. Кузнецова Н. С. Технологии производства льняной и оческовой вьюрковой пряжи мокрым способом // *Технологии и качество*. 2017. № 1(37). С. 8–12.
3. Патент РФ № 2253708 МПК 01G 23/06 от 19.07.2004 г. Автоматический слоеформирующий бункер. / Жуков В. И., Кузнецова Н. С. Оpubл. 10.06.2005, Бюл. № 16.
4. Кузнецова Н. С., Жуков В. И. Совершенствование поточной линии ПЛ-150-П1 путем оснащения бункерного питателя системой автоматического регулирования // *Вступление России в ВТО и повышение эффективности льнопроизводственного комплекса : материалы науч.-техн. конф.* Вологда, 2006. С. 22–23.
5. Кузнецова Н. С., Жуков В. И. Аналитическое определение деформации порции волокнистого материала в массе при сжатии // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2004. № 6. С. 37–38.
6. Волков В. В., Семенов А. Д., Николаев В. С. Система автоматического регулирования линейной плотности волокнистого материала // *Изв. вузов. Технология легкой промышленности*. 2013. № 2. С. 68–71.
7. Патент на изобретение RU 2148113 C1, 27.04.2000. Способ формирования некрученой ровницы из льняного волокна / Палочкин С. В., Рудовский П. Н., Егоров Д. Л. Заявка № 99116205/12 от 22.07.1999.
8. Патент на полезную модель RU 90444 U1, 10.01.2010. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна / Палочкин С. В., Рудовский П. Н., Соркин А. П., Смирнова С. Г. Заявка № 2009135137/22 от 22.09.2009.
9. Кузнецова Н. С., Шутова А. Г., Жуков В. И. Эффективность вьюркового способа получения льняной пряжи мокрым прядением // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 4(376). С. 68–73.
10. Способы стабилизации условий формирования льняной пряжи на двухвьюрковой прядильной машине / Н. С. Кузнецова, П. Н. Рудовский, А. А. Телицын, С. В. Палочкин // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2020. № 3(387). С. 69–74.

REFERENCES

1. Krest'yanov S. V., Ginzburg L. N. Puti povysheniya kachestvennogo ispol'zovaniya l'nyanogo ochesa i korotkogo volokna // *Tekstil'naya promyshlennost'*. 2007. № 4. S. 4–7.
2. Kuznecova N. S. Tekhnologii proizvodstva l'nyanoj i ocheskovoij v'yurkovoij pryazhi mokrym sposobom // *Tekhnologii i kachestvo*. 2017. № 1(37). S. 8–12.
3. Patent RF № 2253708 MPK 01G 23/06 ot 19.07.2004 g. Avtomaticheskij sloeformiruyushchij bunker. / Zhukov V. I., Kuznecova N. S. Opubl. 10.06.2005, Byul. № 16.
4. Kuznecova N. S., Zhukov V. I. Sovershenstvovanie potочноj linii PL-150-P1 putem osnashcheniya bunkernogo pitatelya sistemoj avtomaticheskogo regulirovaniya // *Vstuplenie Rossii v VTO i povyshenie effektivnosti l'noпроизводственного комплекса : materialy nauch.-tekhn. konf. Vologda, 2006. S. 22–23.*
5. Kuznecova N. S., Zhukov V. I. Analiticheskoe opredelenie deformacii porcii voloknistogo materiala v masse pri szhatii // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2004. № 6. S. 37–38.
6. Volkov V. V., Semenov A. D., Nikolaev V. S. Sistema avtomaticheskogo regulirovaniya linejnoi plotnosti voloknistogo materiala // *Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti*. 2013. № 2. S. 68–71.
7. Patent na izobretenie RU 2148113 C1, 27.04.2000. Sposob formirovaniya nekruchenoj rovnicy iz l'nyanogo volokna / Palochkin S. V., Rudovskij P. N., Egorov D. L. Zayavka № 99116205/12 ot 22.07.1999.
8. Patent na poleznuyu model' RU 90444 U1, 10.01.2010. Ustrojstvo dlya formirovaniya rovnicy iz l'nyanogo volokna / Palochkin S. V., Rudovskij P. N., Sorkin A. P., Smirnova S. G. Zayavka № 2009135137/22 ot 22.09.2009.
9. Kuznecova N. S., SHutova A. G., Zhukov V. I. Effektivnost' v'yurkovogo sposoba polucheniya l'nyanoj pryazhi mokrogo pryadeniya // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2018. № 4(376). S. 68–73.
10. Sposoby stabilizacii uslovij formirovaniya l'nyanoj pryazhi na dvuhv'yurkovoij pryadil'noj mashine / N. S. Kuznecova, P. N. Rudovskij, A. A. Telicyn, S. V. Palochkin // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2020. № 3(387). S. 69–74.

Статья поступила в редакцию 15.01.2021.
Принята к публикации 11.03.2021.

Научная статья

УДК 677.022.2 : 519.248 : 004.942

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32

Петр Алексеевич Севостьянов

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

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

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ РАСПРЯМЛЕНИЯ ВОЛОКОН ПРИ КАРДОЧЕСАНИИ НА ВАЛИЧНОЙ МАШИНЕ

Аннотация. В статье анализируется распрямление волокон в рабочих зонах валичных кардочесальных машин. Приведены исходные предположения и параметры, с использованием которых на основе методов статистической динамики была разработана компьютерная модель статистической имитации процесса распрямления с учетом упруго-вязких свойств волокон и их взаимодействия с соседними волокнами. Изучена динамика изменения распрямленности волокон в зависимости от их начальной распрямленности и числа проходов волокон через рабочие зоны. Установлено, что частичное восстановление извитости волокон вследствие их упругости не позволяет добиться полного их распрямления независимо от числа повторных проходов рабочих зон машины.

Ключевые слова: кардочесание, валичная кардочесальная машина, распрямление волокон, статистическая динамика, компьютерное имитационное моделирование, упруго-вязкие свойства, остаточная протяженность волокон

Для цитирования: Севостьянов П. А. Статистическая модель динамики распределения волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 28–32. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32>.

Original article

Petr A. Sevostyanov

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

STATISTICAL SIMULATION OF FIBRE STRAIGHTENING DYNAMICS IN CARDING ON ROLLER MACHINE

Abstract. The article analyses the straightening of fibres in the working areas of roller carding machines. The initial assumptions and parameters are given, which were used to develop a computer model for statistical simulation of the process, taking into account the elastic-viscous properties of fibres and their interaction with neighbouring fibres, based on the methods of statistical dynamics. The dynamics of changes in the straightening of the fibres depending on their initial straightening and the number of passes of the fibres through the working zones are studied. It is established that the partial restoration of the tortuosity of the fibres due to their elasticity does not allow for their complete straightening, regardless of the number of repeated passes of the working areas of the machine.

Keywords: carding, roller carding machine, fibre straightening, statistical dynamics, computer simulation, elastic-viscous properties, residual fibre length

For citation: Sevostyanov P. A. Statistical simulation of fibre straightening dynamics in carding on roller machine // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 28–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-28-32>.

При кардочесании зубья гарнитуры воздействуют непосредственно на отдельные волокна. Волокна полностью или частично распрямляются и ориентируются вдоль направления движения зубьев. Уменьшается число точек взаимодействия волокна с соседними волокнами [1–3]. Поскольку свойства волокон и их

взаимодействие с зубьями носят вероятностный характер, исследование этих процессов требует методов статистической механики [1, 3, 4]. Компьютерное моделирование на основе этих методов основано на построении модели поведения отдельного элемента статистического ансамбля, в нашем случае волокна, повторении моделирования при случайных вариациях параметров элемента и статистического усреднения

© Севостьянов П. А., 2021

результатов. Но отдельное волокно – это уже система с большим числом степеней свободы [4, 5]. Поэтому статистические эффекты проявляются на двух уровнях: на уровне поведения отдельного волокна и на уровне статистического ансамбля большой группы волокон, что было учтено в алгоритме моделирования [5, 6]. На рис. 1 представлена схема взаимодействия волокна с зубьями гарнитур и геометрические параметры зоны взаимодействия. В зоне взаимодействия происходит захват волокна барабаном 2 и разделение волокнистой массы на две части (одна переходит на барабан 2, другая удерживается на барабане 1).

Длину распрямленного волокна обозначим L_0 , а протяженность волокна вдоль направления относительного смещения захвативших волокно зубьев L_x . Коэффициент распрямленности волокна равен $\eta_0 = L_x / L_0$, $0 < \eta_0 < 1$. Наибольшую длительность воздействия зубьев на волокно за время его присутствия в рабочей области обозначим T . Скорость смещения зубьев одной гарнитуры относительно другой обозначим V .

Вследствие своей природной упругости волокно будет стремиться восстановить первоначальную форму. Этому будут препятствовать соседние волокна, мешающие свободным изменениям формы волокна: восстановлению старой и сохранению новой формы, и свойство пластичности, которое также имеется у волокна. Сведем все эти сложно действующие факторы к одному параметру, который будет влиять на изменение коэффициента распрямленности волокна после выхода из рабочей области $\theta = \eta_1 / \eta_0$. Параметр θ безразмерный и больше единицы. Здесь η_1 – коэффициент распрямленности волокна после выхода из рабочей области. Очевидно, что θ можно рассматривать как показатель эффективности кардочесания: чем он выше, тем больше распрямилось волокно под действием зубьев гарнитур.

Эффект частичного восстановления извитости волокна будем учитывать, уменьшая окончательное значение θ после ухода волокна из рабочей области. Для этого введем еще один коэффициент – долю упругой деформации от полной деформации удлинения волокна. Обозначим его μ . Как и коэффициент распрямленности η , он находится в пределах от нуля до единицы. Величина этого коэффициента в значительной степени зависит от природных свойств волокна. Поэтому все волокна в массе обладают примерно одинаковым коэффициентом μ , который можно принять просто как некоторую константу или моделировать, например,

нормально распределенной случайной величиной с фиксированным средним и небольшим коэффициентом вариации. Если η_0 – коэффициент распрямленности волокна до входа в рабочую область, η_1 – коэффициент распрямленности непосредственно после выхода из рабочей области, а η_2 – окончательный коэффициент распрямленности волокна после частичного восстановления его извитости, то можно написать следующие соотношения между коэффициентами: $\theta = \eta_1 / \eta_0$; $\eta_2 = \mu \eta_1$.

Из геометрии рабочей зоны (рис. 1б) найдем:

$$\cos\beta_1 = \frac{(R_1 + z_1 + u)^2 + (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)^2 - (R_2 + z_2)^2}{2 \cdot (R_1 + z_1 + u) \cdot (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)}, \quad (1)$$

$$\cos\beta_2 = \frac{(R_1 + z_1 + L)^2 + (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)^2 - (R_2 + z_2)^2}{2 \cdot (R_1 + z_1 + L) \cdot (R_1 + z_1 + r + R_2 + z_2)}, \quad (2)$$

где $L = AC$ – длина волокна, задний конец которого удерживается зубьями гарнитуры барабана 1, а передний конец захватывается зубьями барабана 2;

z_1 и z_2 – высота зубьев, соответственно, барабанов 1 и 2;

r – разводка между гарнитурами.

Эти аналитические выражения позволяют связать геометрию и кинематику барабанов с геометрией волокон. Момент захвата переднего конца волокна зубом гарнитуры барабана 2 примем за начало отсчета времени $t = 0$. В этот момент задний конец волокна имеет координату $y = x_0 - l_0$, где x_0 – точка захвата, которая находится в пределах длины D рабочей области $0 < x_0 < D$. Передний конец волокна с момента $t = 0$ перемещается с окружной скоростью барабана 2. Задний конец волокна продолжает двигаться с окружной скоростью барабана 1 до момента $t = T$, когда и задний конец волокна тоже переходит на окружную скорость барабана 2. С этого момента процесс распрямления рассматриваемого волокна завершается. Легко подсчитать, что за время T расстояние между передним и задним концами волокна увеличивается на $d = V T / l_1 = l_0 + d$. Если значение l_1 больше, чем длина волокна, то есть волокно полностью распрямляется, то $l_1 = L$. Объединяя оба случая, получим формулу для вычисления протяженности волокна после прохода через рабочую область

$$l_1 = \min \{ L; l_0 + d \}. \quad (3)$$

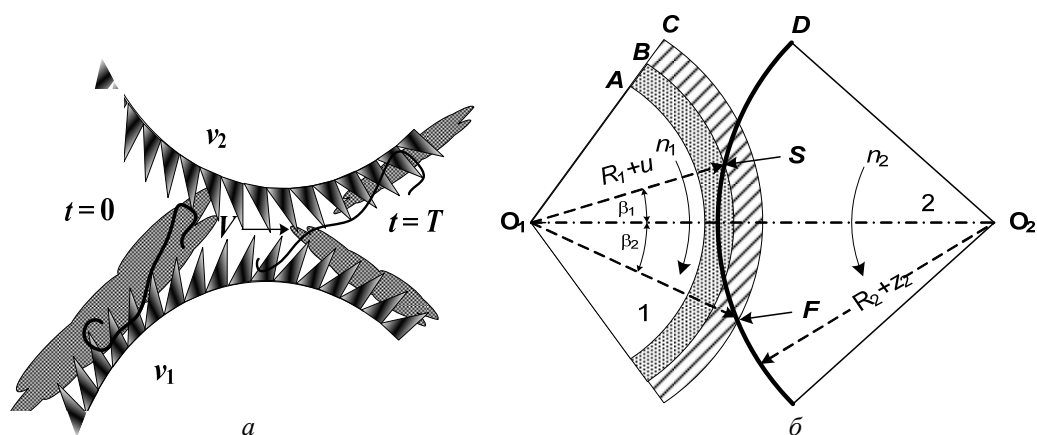


Рис. 1. Схема взаимодействия волокна с барабанами (а) и геометрические параметры рабочей области барабанов (б)

Интервал времени T – случайный и находится в пределах от 0 до $T_m = \beta / n_1$, где n_1 – угловая скорость вращения барабана 1. Закон распределения T , как и других случайных величин, участвующих в модели, неизвестен. Примем, что η_0 распределен равномерно от 0 до 1. В качестве модели длины волокон шерсти принято использовать гамма-распределение, а для хлопка – бета-распределение с соответствующим подбором параметров. На рис. 2 показаны гистограммы модельных распределений длины и протяженности волокон со средней длиной 60 мм и коэффициентом вариации 50 %. Распределение протяженности волокон существенно отличается по форме от распределения длины волокон. Это обстоятельство проявляется в процессе чесания.

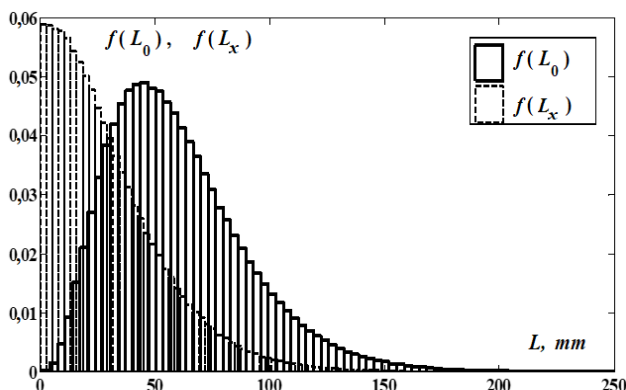


Рис. 2. Модельные распределения длины волокон и их протяженности

Разработанная с учетом приведенных представлений о процессе распрямления волокон и участвующих в этом процессе факторов компьютерная модель рассчитывает геометрические и кинематические параметры рабочей области по заданным исходным данным [7, 8]. Затем выполняется генерация массивов длины

и распрямленности волокон. Далее определяется «судьба» каждого волокна. Поскольку рассматривается только эффект распрямления волокон, то предполагается, что все смоделированные волокна переходят с барабана 1 на барабан 2.

Рассчитывается конечная длина волокна с учетом частичного сокращения его распрямленности вследствие упругости волокна. Указанные действия повторяются для каждого волокна многократно и сохраняются, чтобы быть использованными для последующей имитации нового прохода волокон через рабочую зону. Тем самым имитируется многократный проход волокон через рабочую зону или через несколько последовательных зон.

На рис. 3 показано полученное на модели изменение распределения волокон по коэффициенту распрямленности η до и после одного прохода волокон через рабочую зону между барабанами 1 и 2 ($N_{povt} = 2$), непосредственно на выходе из зоны и после частичного восстановления извитости волокна вследствие его упругости. На рис. 4 приведены распределения волокон по коэффициенту распрямленности после пятого прохода через рабочую зону между барабанами 1 и 2.

Первоначальное равномерное распределение коэффициента распрямленности волокон от 0 до 1 до их попадания в рабочую зону преобразуется: доля волокон с малой протяженностью уменьшается, тогда как доля волокон, распрямленных вдоль движения, возрастает. В том числе возрастает и доля полностью распрямленных волокон. Затем волокна частично уменьшают свою протяженность. При этом происходит перераспределение доли волокон в каждом интервале значений распрямленности.

Графики показывают динамику перераспределения волокон по коэффициенту распрям-

ленности, то есть, по существу, динамику эффекта распрямления волокон. Сократилась доля сильно извитых волокон с малой протяженностью, и значительно возросла доля полностью или почти полностью распрямленных волокон. При этом эффект частичного восстановления извитого состояния волокон по-прежнему является заметным и сказывается на окончательной распрямленности волокон на кардной поверхности барабана 2.

ВЫВОДЫ

1. Формы распределения волокон по длине и по протяженности существенно отличаются друг от друга. Поскольку в технологических процессах и длина, и протяженность волокна

существенным образом влияют на ход процесса, то эти различия надо учитывать при анализе и проектировании узлов технологического оборудования.

2. Распрямление волокон в рабочих зонах между кардными гарнитурами барабанов и валиков валичной кардочесальной машины зависит от начальной распрямленности, кинематики процесса, числа рабочих зон, упругости волокон, вероятностной природы взаимодействия волокон с зубьями гарнитур и между собой. Разработанная компьютерная модель статистической имитации распрямления волокон в процессе кардочесания объединяет и учитывает перечисленные факторы и является удобным инструментом исследования процесса.

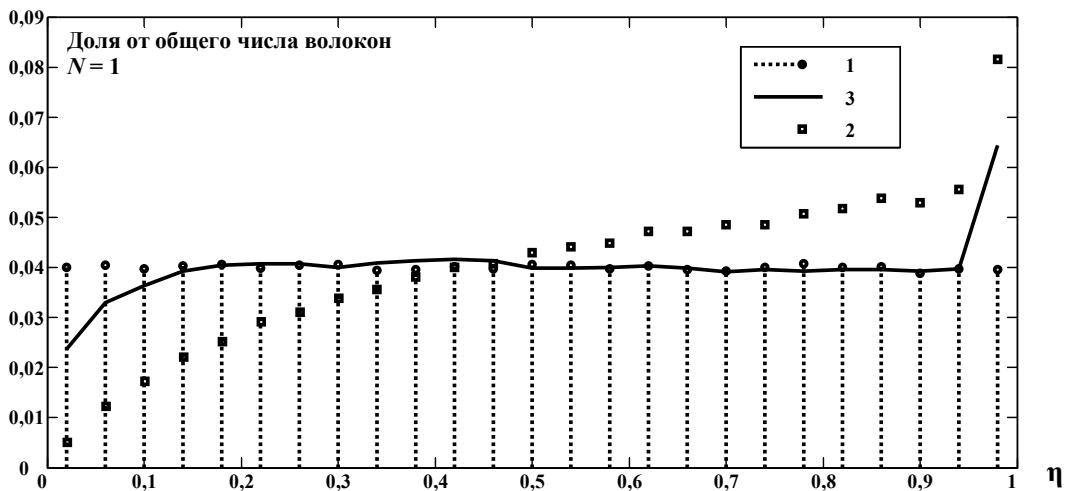


Рис. 3. Распределение волокон по величине коэффициента распрямленности η после одного прохода через рабочую зону.

Распределения: 1 – до попадания волокон в рабочую зону; 2 – непосредственно после выхода из зоны; 3 – после частичного восстановления извитости

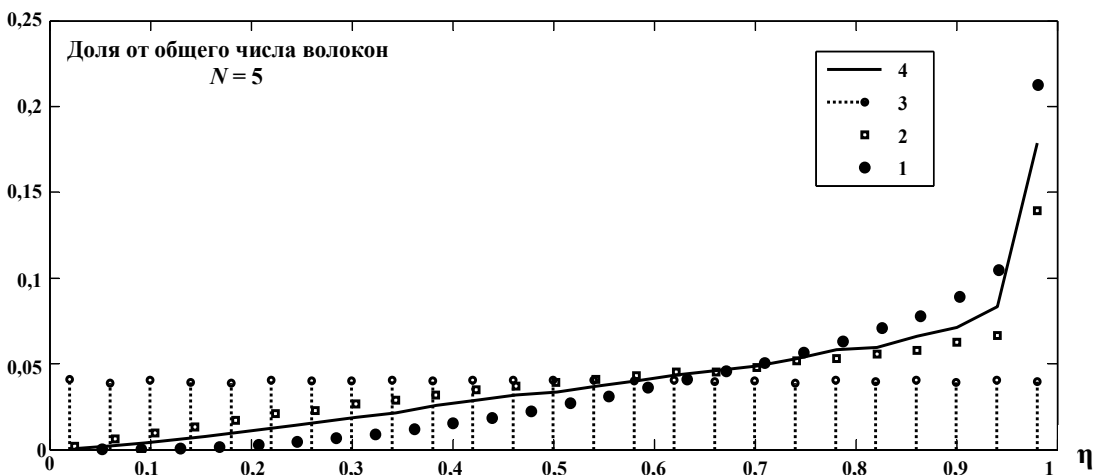


Рис. 4. Распределение волокон по величине коэффициента распрямленности η после пятого прохода через рабочую зону между барабанами 1 и 2.

Распределения: 1 – до первого попадания волокон в рабочую зону; 2 – перед пятым входом в рабочую зону; 3 – непосредственно после пятого выхода из области; 4 – после частичного восстановления извитости

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Севостьянов А. Г., Севостьянов П. А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности) : [учеб. для вузов по спец. «Прядение натур. и хим. волокон», «Ткачество», «Производство неткан. текст. материалов»]. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 344 с.
2. Музылев Л. Т. Исследование процесса гребнечесания шерсти и его усовершенствование : дис. ... д-ра техн. наук. М. : МТИ, 1973. 393 с.
3. Ашнин Н. М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов : дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1979. 474 с.
4. Зарубин В. М., Белоголовцев С. Д. Анализ процесса образования прочеса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1990. № 2. С. 22–24.
5. Скуланова Н. С. Проектирование технологии и сформированной из нетрадиционных видов сырья аппаратной шерстяной пряжи : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2008. 306 с.
6. Компьютерное моделирование длины и тонины волокон шерсти в топсе и ленте на основе данных натуральных экспериментов / П. А. Севостьянов, К. В. Ордов, Е. И. Битус, Т. А. Самойлова, В. В. Монахов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 185–189.
7. Громов С. С., Севостьянов П. А. Анализ динамики долевого состава двухкомпонентного волокнистого материала в процессе кардочесания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 6(321). С. 109–112.
8. Севостьянов П. А. Динамика и модели основных процессов прядения : монография. Ч. 1. Рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание / Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). М., 2020. 264 с.

REFERENCES

1. Sevost'yanov A. G., Sevost'yanov P. A. Modelirovanie tekhnologicheskikh processov (v tekstil'noj promyshlennosti) : [ucheb. dlya vuzov po spec. "Pryadanie natur. i him. volokon", "Tkachestvo", "Proizvodstvo netkan. tekst. materialov"]. M. : Leg. i pishch. prom-st', 1984. 344 s.
2. Muzylev L. T. Issledovanie processa grebnechesaniya shersti i ego usovershenstvovanie : dis. ... d-ra tekhn. nauk. M. : MTI, 1973. 393 s.
3. Ashnin N. M. Teoreticheskoe i eksperimental'noe issledovanie processa kardochesaniya voloknistykh materialov : dis. ... d-ra tekhn. nauk. L., 1979. 474 s.
4. Zarubin V. M., Belogolovcev S. D. Analiz processa obrazovaniya prochesa // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 1990. № 2. S. 22–24.
5. Skulanova N. S. Proektirovanie tekhnologii i sformirovannoj iz netradicionnykh vidov syr'ya apparatnoj sherstyanoj pryazhi : dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2008. 306 s.
6. Komp'yuternoe modelirovanie dliny i toniny volokon shersti v topse i lente na osnove dannykh naturnykh eksperimentov / P. A. Sevost'yanov, K. V. Ordov, E. I. Bitus, T. A. Samojlova, V. V. Monahov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2015. № 6. S. 185–189.
7. Gromov S. S., Sevost'yanov P. A. Analiz dinamiki dolevogo sostava dvuhkomponentnogo voloknistogo materiala v processe kardochesaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2009. № 6(321). S. 109–112.
8. Sevost'yanov P. A. Dinamika i modeli osnovnykh processov pryadeniya : monografiya. Ch. 1. Ryhlenie, ochistka, smeshivanie, kardo- i grebnechesanie / Rossijskij gosudarstvennyj universitet im. A. N. Kosygina (Tekhnologii. Dizajn. Iskusstvo). M., 2020. 264 s.

Статья поступила в редакцию 02.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.12:745

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39

Галанин Сергей Ильич

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

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

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КАМНЕЙ И ОРГАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования камней и органогенных образований, подвергнутых обработке различной степени, в разнообразных ювелирно-художественных изделиях. Показано, что в зависимости от вида минерального сырья или органогенного образования (жемчуг, раковины) используются различная глубина и методы его обработки. Проведена первичная систематизация сырья по степени его обработки. На примерах барочного жемчуга, друз, гемм, огранённых самоцветов и резных камней показано, что свойства и размеры самоцветов определяют композиционные решения по применению их в украшениях. Показано, что вставки, обладающие уникальными свойствами, всегда занимают место в центре композиции украшения, а различная глубина их обработки позволяет выявить и подчеркнуть их уникальность. Приведены примеры исторических и современных ювелирных изделий с различными уникальными вставками.

Ключевые слова: ювелирно-художественные изделия, обработка камней и органогенных образований, степень и глубина обработки, композиционные решения ювелирных изделий, ювелирные вставки, свойства ювелирных вставок, огранка

Для цитирования: Галанин С. И. Особенности обработки камней и органогенных образований для ювелирно-художественных изделий // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 33–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39>.

Original article

Sergey I. Galanin

Kostroma State University, Kostroma, Russia

FEATURES OF PROCESSING OF GEMS AND ORGANOGENIC FORMATIONS FOR JEWELLERY AND ART PRODUCTS

Abstract. The article deals with the features of the use of gems and organogenic formations subjected to various degrees of processing in various jewellery and art products. Using examples of baroque pearls, drusas, gems, cut gems and carved gems, it is shown that the properties and sizes of gems determine compositional solutions for their use in jewellery. It is shown in various jewellery-artistic wares, that depending on the type of mineral raw material or organogenic formations (pearls, shells) a different depth and methods of its treatment are used. Primary systematisation of raw material is conducted on the degree of his treatment. It is shown that inserts with unique properties always occupy a place in the centre of the decoration composition, and the different depth of their processing allows one identifying and emphasising their uniqueness. Examples of historical and modern jewellery are made with different unique insertions.

Keywords: fine art jewellery, processing of gems and organogenic formations, degree and depth of processing, composite solutions of jewellery, jewellery inserts, properties of jewellery inserts, cut

For citation: Galanin S. I. Features of processing of gems and organogenic formations for jewellery and art products // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 33–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39>

Камни в качестве украшения используются человеком на протяжении сотен тысяч, а может быть и миллионов лет. Несколько тысячелетий назад камень стали оправлять драгоценными металлами и сплавами. Тысячелетиями применяется каменное сырье и для резных изделий, используемых в качестве культовых, бытовых предметов и ювелирных украшений [1–4]. В зависимости от вида минерального сырья или органогенного образования (жемчуг, раковины) используются различная глубина и методы его обработки (рис. 1).

Особую роль играют каменные вставки при создании эксклюзивных, авторских и брендовых украшений [5–7]. При этом часто внешний вид, геммологические и геометрические особенности самоцветов определяют дизайн будущего изделия [8].

Рассмотрим, как влияют свойства и размеры используемого каменного и органогенного сырья и степени его обработки на дизайн ювелирно-художественных изделий (ЮХИ).

Барочный жемчуг

Жемчуг, имеющий неправильную форму (грушевидную и каплевидную, эллипсоидальную, овальную, форму пуговицы или таблетки и др.), называют барокко, или барочным жемчугом. Он может быть природным или культивированным. Предположительно, название проис-

ходит от французского слова *baroque* – причудливый, вычурный [9].

Асимметрия крупных бусин и сложные оттенки перламутра придают украшениям из барочного жемчуга особый шарм. Каждая барочная жемчужина обладает уникальной формой и особенной, изысканной игрой цвета – от солнечно-золотого до небесно-голубого. Барочный жемчуг традиционно не столь дорог, как круглый, но отдельные его виды ценятся наравне с идеально круглым жемчугом.

Довольно многочисленную группу барочного жемчуга составляют морские жемчужины, по форме напоминающие силуэты различных животных или предметов: спину лягушки, голову лошади, крылья птицы, собачий зуб, а то и туловище человека и даже черты его лица. Такие жемчужины называют парагонами, им издавна приписывались чудодейственные свойства. Парагоны традиционно оправляются в золото и украшаются драгоценными камнями (рис. 2) [10].

В ювелирных украшениях с барочным жемчугом вокруг парагона выстраивается вся композиция. Сам жемчуг практически не обрабатывается, кроме изготовления при необходимости в нем крепежных отверстий. В современных изделиях барочный жемчуг используется довольно часто (рис. 3).

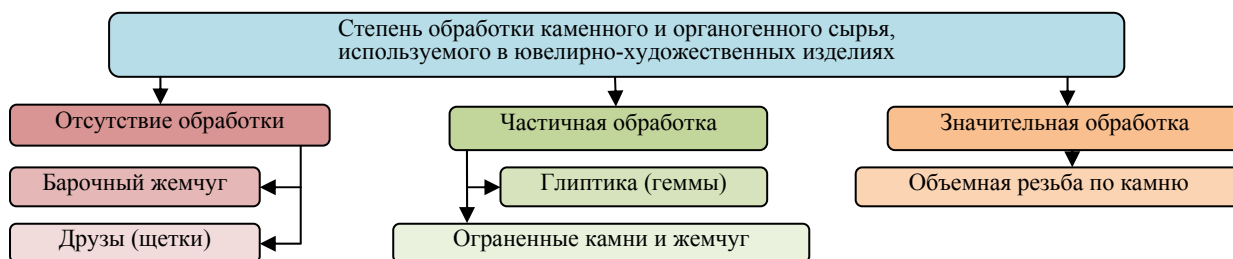


Рис. 1. Степень обработки различного каменного сырья, используемого в ювелирно-художественных изделиях



Рис. 2. Изделия с уникальным барочным жемчугом:

а – Франция, XVIII век; б – подвеска «Дракон», Испания, XVI век; в – подвеска «Геркулес», Франция, около 1540 г.; г – подвеска в форме ягненка с флагом – символом Христа, Франция, XVI век (фотографии взяты из открытых источников)



Рис. 3. Современные ювелирные украшения с барочным жемчугом (фотографии взяты из открытых источников)

Каменные друзы, или щетки

Друза (от немецкого druse – щетка) – минеральный агрегат, в виде совокупности произвольно сросшихся между собой свободных кристаллов, выросших одним концом (гранью или ребром) на стенки трещин или пустот (жеод) в горных породах.

Красота конгломератов в их естественности, природном росте и образовании, потому чаще всего друзы не обрабатываются. Они очищаются, могут полироваться или незначительно шлифоваться. Обычно друзы не распи-

ливаются и не претерпевают резку, иногда разделяются на составные компоненты агрегата. В ювелирном деле из друз изготавливают серьги, кулоны, кольца (рис. 4), в основном используя для этого агрегаты в первозданном виде без обработки или облагороженные [11]. Особенностью является необходимость изготовления сложных оправ [12].

Как правило, друза является центральным композиционным элементом ювелирного изделия, а все остальные части конструкции несут вспомогательную функцию.



Рис. 4. Современные ювелирные изделия со вставками друз различных минералов (фотографии взяты из открытых источников)

Глиптика (геммы)

Глиптика (от французского glyptique, древне-греческого γλύφω – вырезаю, выдалбливаю) – древнейшее ремесло, искусство резьбы по многослойному камню, использующее слоистость для создания разноцветного барельефного изображения [13]. Основными изделиями

являлись геммы. Различают геммы с барельефными (выпуклыми) изображениями (камеи) (рис. 5а) и с углубленными изображениями (инталии) (рис. 5б).

С XIV века, кроме камня, стал использоваться не менее красивый материал – морские и речные раковины. Их перламутровые перели-

вающиеся стенки позволяют создавать нежнейшие по тону камеи (рис. 6). Несмотря на податливость перламутра и относительную простоту в резке, его стали использовать в глиптике много позднее, чем камень. Изначально глиптика

служила исключительно изготовлению печатей. И лишь с развитием цивилизации появляются первые украшения, в которых глиптика композиционно занимает центральное место: броши, кулоны, камни для перстней [13].

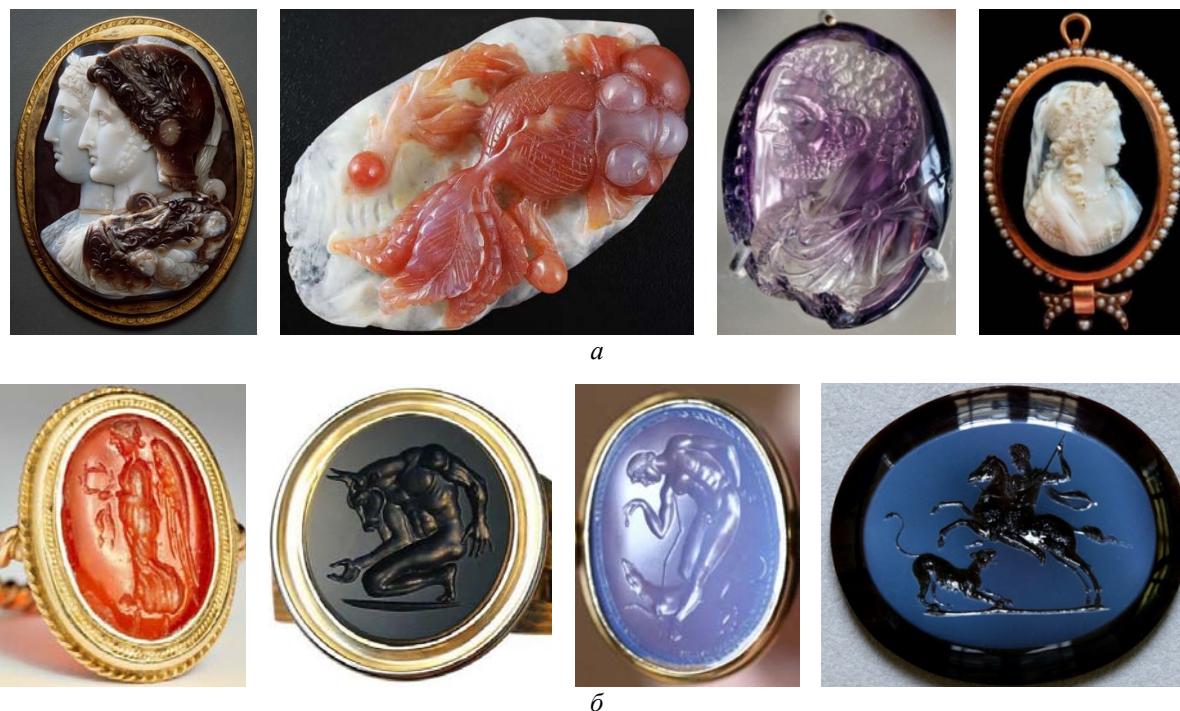


Рис. 5. Исторические и современные геммы:
а – камеи; б – инталии
(фотографии взяты из открытых источников)



Рис. 6. Глиптика по раковинам и перламутру [13]

Ограненные камни и жемчуг

Существует два основных вида огранки – кабошоном и гранями (фасетная). В первом случае выход конечного изделия из сырья выше. Это объясняется тем, что при фасетной огранке важно сохранять необходимые пропорции между коронкой и павильоном (верхом и низом) ограненного камня для обеспечения его блеска и сверкания. При ступенчатой (изумрудной) огранке непросвечивающих камней эти пропорции соблюдать не надо, здесь стремятся максимально сохранить вес камня, поэтому выход готовых камней из исходного сырья выше [14].

Иногда гранятся и крупные жемчужины, но при этом они должны обладать достаточно толстым перламутровым слоем – накротом (рис. 7) [14].



Рис. 7. Ограненный жемчуг

Чаще всего ограненные каменные вставки и жемчуг становятся композиционным центром украшения, вокруг которого выстраиваются металлические поддерживающие композицию элементы и более мелкие камни (рис. 8).

В последнее время весьма популярен резной жемчуг Галатеа и резной таитянский жемчуг Тату (Tattoo tahitian pearls). В 1993 году вьетнамский художник и ювелир Чи Хунь (Chi Huynh) делал гравировку на крупной морской таитянской жемчужине (у жемчужин Таити и южных морей толстый накр) и случайно сделал большое углубление. В результате обнажилось ядро жемчуга другого цвета. Чи пришла идея культивиро-

вать морские жемчужины с использованием драгоценных камней. При культивации жемчуга вместо перламутрового ядра в раковину внедряли бирюзу, цитрин, аметист, опал и др.

В 1994 году основана компания «Галатеа» (Galatea pearls), запатентовавшая более 40 уникальных стилей резьбы по жемчугу. В 2001 году Чи запатентовал «Бриллиант в жемчуге» (Diamond in the Pearl). Бриллиант помещается внутрь таитянской раковины-моллюска, и через несколько лет появляется черная жемчужина с бриллиантом внутри. Затем жемчужину гравировывают таким способом, чтобы бриллиант засветился изнутри (рис. 9) [15].



Рис. 8. Украшения с крупными каменными и жемчужными вставками (фотографии взяты из открытых источников)



Рис. 9. Резной жемчуг компания «Галатеа» [15]

Камнерезные изделия

Резьба по камню – процесс придания ему требуемой формы и внешней отделки при помощи различных технологических приемов, один из древнейших видов прикладного искусства Китая. Китайского резчика по камню отличает трепетное отношение к материалу. Если на Западе камень прежде всего ценится за его ровную окраску и прозрачность, китайских мастеров привлекает причудливость естественной расцветки каменного сырья и природная форма. Они и вдохновляют китайского мастера на создание самой изысканной композиции. Выбирая кусок породы, он старается впоследствии использовать каждое пятно и прослойку, просвечивающие и прозрачные участки минерала. Выдающиеся примеры использования свойств сы-

рья для придания выразительности вырезанной скульптуры показаны на рис. 10 [4].

В камнерезных изделиях количество удаленного материала достигает больших величин. В подавляющем большинстве случаев такие изделия самодостаточны, им не требуется обрамление из драгоценным металлов и сплавов. Композиционное решение диктует свойства материала.

ВЫВОДЫ

Широка номенклатура ювелирно-художественных изделий, при их изготовлении используются разнообразные каменные и органогенные материалы. Степень обработки этих материалов различна, разнообразны и используемые при этом технологические приемы и инстру-

менты. Можно с уверенностью утверждать, что свойства и размер этих материалов определяют их композиционное использование в ювелирном изделии. Вставка, обладающая уникальными

свойствами, всегда займет почетное место в центре композиции украшения, а различная глубина обработки позволяет выявить и подчеркнуть ее уникальность.



Рис. 10. Примеры выдающейся объемной резьбы по нефриту с учетом свойств материала (фотографии взяты из открытых источников)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Цинь Лицзюань. Исторические этапы нефритовой культуры Китая. Эпоха «Святого нефрита» // Технологии и качество. 2019. № 3(45). С. 35–39.
2. Галанин С. И., Цинь Лицзюань. Исторические этапы нефритовой культуры Китая. Эпоха «Императорского нефрита» // Технологии и качество. 2020. № 2(48). С. 20–25.
3. Галанин С. И., Цинь Лицзюань. Исторические этапы нефритовой культуры Китая. Эпоха «Народного нефрита» // Технологии и качество. 2020. № 3(49). С. 21–24.
4. Галанин С. И., Цинь Лицзюань. Объемная резьба по нефриту // Технологии и качество. 2020. № 4(50). С. 11–18.
5. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Ювелирный бренд, технология и материалы: есть ли связь // Дизайн. Теория и практика. 2010. № 5. С. 114–126.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Проблемы дизайна отечественных ювелирных изделий // Дизайн. Теория и практика. 2011. № 6. С. 62–70.
7. Галанин С. И., Колупаев К. Н., Доберштейн В. Ю. Особенности дизайна ювелирных изделий в условиях создания бренда, брендинга и брендирования // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 12–19.
8. Галанин С. И., Доберштейн В. Ю., Колупаев К. Н. Трансформация элементарных форм в дизайне ювелирных изделий // Дизайн. Теория и практика. 2015. № 21. С. 24–33.
9. Барочный жемчуг // Ювелирный дом MAYSAKU : офиц. сайт. URL: https://www.maysaku.ru/about_pearls/barochnyj-zhemchug (дата обращения: 11.01.2021).
10. Барочный жемчуг // Liveinternet.ru : портал. URL : <https://www.liveinternet.ru/users/4968747/post277741951> (дата обращения: 11.01.2021).
11. Друзы натуральных минералов: что это за камни и какими свойствами они обладают? // Златогорье : офиц. сайт компании. URL : <https://zlatogorye.ru/blog/druzy-naturalnykh-mineralov-cto-eto-za-kamni-i-kakimi-svoystvami-oni-obladayut> (дата обращения: 11.01.2021).
12. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
13. Глиптика на перламутре // КОНТ: платформа для социальной журналистики. URL: <https://cont.ws/@nikkuro/298996/full> (дата обращения: 11.01.2021).
14. Галанин С. И. Драгоценные камни: свойства и обработка : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010. 196 с.
15. Резной жемчуг. Новаторство и самобытность // Журнал Ярмарки мастеров. URL: <https://www.livemaster.ru/topic/2881211-reznoj-zhemchug-novatorstvo-i-samobytnost> (дата обращения: 15.01.2021).

REFERENCES

1. Galanin S. I., Cin' Liczyuan'. Istoricheskie etapy nefritovoj kul'tury Kitaya. Epoha «Svyatogo nefrita» // *Tekhnologii i kachestvo*. 2019. № 3(45). S. 35–39.
2. Galanin S. I., Cin' Liczyuan'. Istoricheskie etapy nefritovoj kul'tury Kitaya. Epoha «Imperatorskogo nefrita» // *Tekhnologii i kachestvo*. 2020. № 2(48). S. 20–25.
3. Galanin S. I., Cin' Liczyuan'. Istoricheskie etapy nefritovoj kul'tury Kitaya. Epoha «Narodnogo nefrita» // *Tekhnologii i kachestvo*. 2020. № 3(49). S. 21–24.
4. Galanin S. I., Cin' Liczyuan'. Ob"emnaya rez'ba po nefritu // *Tekhnologii i kachestvo*. 2020. № 4(50). S. 11–18.
5. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Yuvelirnyj brend, tekhnologiya i materialy: est' li svyaz' // *Dizajn. Teoriya i praktika*. 2010. № 5. S. 114–126.
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Problemy dizajna otechestvennyh yuvelirnyh izdelij // *Dizajn. Teoriya i praktika*. 2011. № 6. S. 62–70.
7. Galanin S. I., Kolupaev K. N., Dobershtejn V. YU. Osobennosti dizajna yuvelirnyh izdelij v usloviyah sozdaniya brenda, brendinga i brendirovaniya // *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna*. 2017. № 1. S. 12–19.
8. Galanin S. I., Dobershtejn V. Yu., Kolupaev K. N. Transformaciya elementarnyh form v dizajne yuvelirnyh izdelij // *Dizajn. Teoriya i praktika*. 2015. № 21. S. 24–33.
9. Barochnyj zhemchug // *Yuvelirnyj dom MAYSAKU* : ofic. sajt. URL: https://www.maysaku.ru/about_pearls/barochnyj-zhemchug (data obrashcheniya: 11.01.2021).
10. Barochnyj zhemchug // *Liveinternet.ru* : portal. URL : <https://www.liveinternet.ru/users/4968747/post277741951> (data obrashcheniya: 11.01.2021).
11. Druzy natural'nyh mineralov: chto eto za kamni i kakimi svojstvami oni obladayut? // *Zlatogor'e* : ofic. sajt kompanii. URL : <https://zlatogorye.ru/blog/druzy-naturalnykh-mineralov-chto-eto-za-kamni-i-kakimi-svoystvami-oni-obladayut> (data obrashcheniya: 11.01.2021).
12. Galanin S. I., Arnol'di N. M., Zezin R. B. Tekhnologiya yuvelirnogo proizvodstva / pod obshch. red. Yu. A. Vasilenko. M. : SPM-Industriya, 2017. 511 s.
13. Gliptika na perlamutre // *KONT*: platforma dlya social'noj zhurnalistiki. URL: <https://cont.ws/@nikkuro/298996/full> (data obrashcheniya: 11.01.2021).
14. Galanin S. I. Dragocennye kamni: svojstva i obrabotka : ucheb. posobie. Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2010. 196 s.
15. Reznoj zhemchug. Novatorstvo i samobytnost' // *Zhurnal Yarmarki masterov*. URL: <https://www.livemaster.ru/topic/2881211-reznoj-zhemchug-novatorstvo-i-samobytnost> (data obrashcheniya: 15.01.2021).

Статья поступила в редакцию 21.01.2021
Принята к публикации 11.03.2021

Научная статья

УДК 7.048:747

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-40-45

Николай Петрович Бесчастнов¹

Ирина Викторовна Рыбаулина²

Евдокия Николаевна Дергилёва³

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

¹nrb.art@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6033-8471>

²rybaulina-iv@rguk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1799-469X>

³dysua@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0062-6869>

ФАКТУРА, ТЕКСТУРА И ТЕХНО-ОРНАМЕНТ В СОВРЕМЕННОМ ДИЗАЙНЕ: ФУНКЦИЯ И ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ СМЫСЛ

Аннотация. Статья посвящена определению места и роли фактурно-текстурных образований и техно-орнамента в современном дизайне, изложению особенностей их использования и методов получения. Кратко очерчиваются истоки художественного отношения к фактуре и текстуре материала в создании произведений декоративно-прикладного искусства, интерьеров, выявляется значение повышенного внимания к ним в современный период. Особая роль отведена техно-орнаменту, возникшему в культуре хай-тека и ставшему выразителем новых, созвучных современности ритмико-пластических образов, обладающих машинной эстетикой с чередованием не имеющих открытой семантической наполненности элементов. Авторы пришли к выводу, что в конце XX – начале XXI века произошел беспрецедентный рост интереса к фактурно-текстурным орнаментальным образованиям. Их образы очень расплывчаты и связаны со средой, в значительной степени дистанцированной от человека. Орнамент в такой среде предельно контекстуален.

Ключевые слова: орнамент, фактура, текстура, хай-тек, имитация, рельеф, ткачество, керамика, техника

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-40-45>.

Original article

Nikolay P. Beschastnov¹, **Irina V. Rybaulina**², **Evdokia N. Dergileva**³

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

FACTURE, TEXTURE AND TECHNO-ORNAMENT IN MODERN DESIGN: FUNCTION AND ARTISTIC MEANING

Abstract. The article is devoted to defining the place and role of textured formations and techno-ornament in modern design, setting out the features of their use and methods of obtaining. The sources of the artistic attitude to the texture and texture of the material in the creation of works of decorative and applied art, interiors are briefly outlined, the importance of increased attention to them in the modern period is revealed. A special role is assigned to techno-ornamentation, which has arisen in high-tech culture and has become an exponent of new rhythmic-plastic images that are in tune with modernity. Images with machine aesthetics with alternating elements that do not have open semantic content. The authors came to the conclusion that in the late 20th to the early 21st centuries there was an unprecedented increase in interest in textured and textural ornamental formations. Their images are very vague and associated with an environment largely distanced from humans. Ornament in such an environment is extremely contextual.

Keywords: ornament, invoice, texture, high-tech, imitation, relief, weaving, ceramics, technique

For citation: Beschastnov N. P., Rybaulina I. V., Dergileva E. N. Facture, texture and tehno-ornament in modern design: function and artistic meaning // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 40–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-40-45>.

Фактура и текстура материала всегда учитывались при создании произведений искусства. Художники и исследователи искусства знают, что «раскрыть материал» при работе над скульптурой, мебелью или тканью – большая удача. В качестве примеров можно отметить «теплый» или «холодный» мрамор особой структуры у мастеров итальянского Возрождения, мебель русского ампира с плоскостями красного дерева с выявленной шлифовкой и многослойным лаком текстурой «фонтан» или природным орнаментом среза ствола карельской березы. Все это – качество материала, с которым работает художник. «У каждого материала есть особые качества, не менее важные, чем его полезные свойства. Они заключены в способности материала влиять на наши чувства», – писал в 1910 году в программной статье «Одушевление материала как принцип красоты» архитектор и художник Анри Ван де Вельде [1, с. 34]. В процессе своей творческой и преподавательской деятельности он много внимания уделял не историческим орнаментам, а орнаментальным построениям, которые наиболее полно выражают функциональное назначение и свойства используемого материала. У великих творцов больших стилей иногда уходили годы труда, чтобы понять красоту материала и в полной мере использовать его как одно из выразительных средств. Скульптор В. Н. Домогацкий, занимавшийся проблемой фактуры в скульптуре в период работы в Государственной академии художественных наук (ГАХН), на заседании академии в 1928 году сделал актуальный и сегодня доклад «Фактура и метод ее исследования». «Понимая под фактурой состояние поверхности художественно оформленного материала, служащее одним из средств художественного выражения», он подчеркивал, что не всякая фактура может находиться в данном состоянии [2, с. 151]. Если фактура материала не помогает выявлению творческой идеи, то она выпадает из творческого процесса как выразительное средство.

Появившийся повышенный интерес в 1910–1920-е годы к художественным качествам материала не случаен, так как рационально-функциональные поиски в архитектуре и производственных искусствах вытеснили стиливый орнамент из проектных действий, оставив фактуру формы один на один со средой. Если ранее фактура и текстура были составляющей частью сложного орнаментально-образного стиливого построения (в архитектуре, мебели, художественном текстиле и др.), то в 1920–1930-е годы, когда своеобразным орнаментом явились индустриальные ритмы конструкций, фактурно-текстурные образования стали художественно-облагораживающими форму элементами, не имеющими знаковых характеристик. Идеи рационализма и функционализма, обогащенные технократическими изысками хай-тека, не утратили своей привлекательности и сегодня, а фактуры и текстуры, имеющие как природную, так и выявленную обработкой человеком основу, стали занимать место стиливого или народного орнамента. По сути дела, начался процесс поисков новых ритмико-пластических форм на основе обращения к первоэлементам, скрытым в фактурно-текстурных образованиях. Это можно назвать дорогой к орнаментике, не связанной с древней магией и исторической символикой. Человек привык тысячелетиями жить в окружении ритмически организованных поверхностей, и он уже, руководствуясь подсознанием, вводит их в обиход со значительной долей эстетизации. В бетонно-стеклянном царстве урбанизированной цивилизации человек вначале интуитивно, а затем проектно-обоснованно ищет более сложных ощущений, заложенных в его сознание на генетическом уровне. Огромные поверхности циклопических архитектурных сооружений, полированная сталь и стекло имеют свою особую красоту, и чтобы полноценно оттенить ее, требуются заметные глазу ритмически организованные поверхности. Ритм у таких поверхностей должен быть иной, чем во времена «больших стилей». Поиски его, как показывает проведенный нами анализ, начались как в виде обращения к природным фактурно-текстурным образованиям, так и к орнаментально организованным, пусть даже и достаточно случайно, результатам технического (приборного) воздействия человека на природу.

К природным фактурам относятся естественные поверхности: коры и древесины деревьев, листьев, плодов, цветов, камней, кожи животных, крыльев птиц и насекомых и т. д.

К природным текстурам относятся: строение стволов деревьев, срезы камней, окаменелых останков древней флоры и фауны, плодов и др. Их красота раскрывается после тщательной шлифовки, уничтожающей тактильные ощущения и оставляющей только зрительные.

Эстетизация результатов технического (приборного) воздействия привела к появлению нового вида орнамента, который условно называется техно-орнамент. В качестве синонимов к нему часто используют слова «техно-декор» и техно-фактура. Четкой терминологии пока нет, но в общих чертах под техно-орнаментом

понимают имеющие орнаментальную ритмико-пластическую организацию фактурно-структурные образования, полученные в результате технических действий человека и не имеющие знаковых характеристик. Эти образования, на начальном этапе во многом случайные, постепенно эстетизируются, изменяются в размерах и начинают уверенно оцениваться как художественные поверхности.

К настоящему времени отправной точкой для понимания специфики техно-орнамента является особая фактура поверхности, которая образуется в процессе технических операций с материалом в виде резания, штамповки,ковки, сверления, резцовой обработки, набрызгивания, кручения, травления, сварки, лазерного воздействия, термической обработки, электромагнитного, светового или аэродинамического воздействия, обработки текстильных волокон, проклеивания, прессования и др. Материал со следами таких операций, напримерковки, используется в интерьерной или экстерьерной среде. Однако все чаще и чаще полученные фактуры фотографируются, изменяются с усилением орнаментальных характеристик или с доведением до полноценного орнамента и применяются в дизайне безотносительно от исходного материала. Изменения происходят с использованием компьютерных технологий, что позволяет создавать неограниченное количество фактурно-текстурных вариаций. Процесс «изъятия» фактурных образований с исходных объектов и «перенесения» их в банк «фактур и техно-орнаментов» происходит безболезненно, так как глубокого смыслового содержания и семантической наполненности в таких орнаментальных построениях нет. Чего нельзя сказать об изъятии из исторической среды стилизованных и народных мотивов, практиковавшемся во второй половине XIX века. Необходимо отметить, что компьютерные операции по трансформации рисунков фактур, полученных при механической обработке материалов, позволили увидеть и выделить красоту «приборных орнаментов» как геометрического порядка, так и фрактального типа. Методики их получения, пусть пока еще не совершенные, но есть. Работа в данном направлении ведется как в крупных мировых дизайн-бюро, так и в университетских стенах. Проводится она не только дизайнерами, но и специалистами по IT-технологиям. В частности, сотрудничество дизайнеров и «айтишников» дает неплохие плоды в Российском государственном университете им. А. Н. Косыгина. Конечно, техно-орнамент не несет на себе усиленной смысловой нагрузки, но каково же его воз-

действие на человека? В чем его отличие от орнаментов с «техническими» мотивами, например в русском декоративно-прикладном искусстве 1920-х годов?

По поводу воздействия фактур на человека ответ в общих чертах прост – восприятие таких фактур-орнаментов идет на уровне «первичных ощущений», которые могут рождать «первичные образы». «Создание этих первичных образов является неотъемлемой частью творчества художников изобразительного искусства, в частности художников-прикладников», – отмечал выдающийся русский исследователь декоративно-прикладного искусства А. Б. Салтыков [3, с. 30]. Отдельные элементы и их сочетания, не строящие при их соединении узнаваемого изображения, вызывают элементарные эстетические переживания. «И как бы ни были ограничены и малосодержательны эти элементы восприятия, взятые в отдельности и в своей совокупности они составляют важнейшую сферу наших эстетических чувств» [4, с. 29]. Это же подтверждается исследованиями по эстетической оценке изображения, проведенными психологом Г. Э. Руубером и обнародованными в статье 1977 года «О элементарном эстетическом восприятии» [5, с. 28]. Однако в этой же статье и далее в своей книге «О закономерностях художественного визуального восприятия» (1985 г.) он подчеркивает, что провести четкий водораздел между элементарно-эстетическим и эстетически полным восприятием невозможно [6]. Иначе мы не смогли бы адекватно воспринимать произведения абстрактного искусства или получать наслаждение от природных фактур или простейших орнаментов из точек и черточек. Вполне конкретные образы рождают, например, следы от граблей на земле, от палочки на влажном песке, борозды пахоты, процарапанная резцом линия на металле, оставленный пилой след на дереве. При восприятии таких фактур-орнаментов имеется значительный элемент случайности, вариативности, заставляющий включать, по утверждению психолога А. С. Прангишвили, «установку на восприятие», что не всегда комфортно для зрителя [7, с. 7]. Такая «установка» – психонервное состояние готовности (readiness) – складывается на основе опыта и является побуждающим фактором включения зрителя в процесс формирования образа. Это, конечно, крайне важно в функционально выстроенной архитектуре или стерильной чистоте заполненного новейшей техникой хай-тека. Данные техно-орнаменты при обоснованно расположенных точечных источниках света создают в интерьере не только

эмоционально наполненную среду, но и открывают путь к новому семантическому прочтению линии или «ископаемой» клетки в орнаменте. Эти линии и «клетка» могут быть получены на бетоне или стекле, нанесены на керамо-гранит или текстиль. На вопрос о связи современного техно-орнамента с орнаментом с техническими мотивами в текстиле и фарфоре 1920-х годов можно сказать, что она очень относительная. Хотя многие «мелкоузорки», созданные в 1920-е годы на основе деталей «разъятых» механизмов, почти приближаются к орнаментам-фактурам, в основе их построения всегда лежит сюжет, символ или шрифтовая форма. В техно-орнаменте зритель, опираясь на «установку восприятия», способен довести себя до готовности восприятия орнаментально-фактурных форм как символов, а может и не сделать этого [8, с. 44]. Можно ли «подтолкнуть» зрителя к поиску символики в «техно-фактурах» – «техно-орнаментах»? Конечно, и это успешно внедряется в жизнь путем включения их в интерьер не в качестве фактуры стены, а как законченной композиции – произведения современного искусства в раме. В случаях с рамой жизненный опыт зрителя дает «установку» на то, что перед ним нечто большее, чем орнаментально-фактурное образование из комбинации грубых спилов выветренных на солнце досок, абстрактных росчерков на бетоне или подкрашенных и подсвеченных слепков со следами от протекторов автомашин.

В современном дизайне встречается множество соединений природных фактур и текстур с техно-орнаментом. Однако природные компоненты все чаще и чаще встречаются в виде имитаций, так как природные материалы трудно возобновляемы и их очень затратно использовать при современных масштабах экстерьерных и интерьерных работ, конвейерного выпуска продуктов дизайна. Кроме того, в дизайне часто требуются фактуры и текстуры увеличенного по отношению к природным прототипам масштаба. Так, фактура и текстура дерева, к которым человек привык за тысячелетия, не только зрительно, но и тактильно в огромных масштабах имитируется в напольных покрытиях (ламинат), производстве мебели, посуды, различных бытовых изделий из пластмассы. Фактура древних глиняных изделий или натурального – «дикого» камня воспроизводится в керамической плитке для экстерьеров и интерьеров. Печатный рисунок на ткани имитирует фактуру шкур животных, панцири и кожу морских обитателей, перья птиц, фактуру и текстуру плодов и др. Техно-орнамент, как это ни странно, достаточно гар-

монично встраивается в это фактурно-текстурное имитационное изобилие, еще больше увеличивая их разнообразие и внося ноты жесткой упорядоченности в окружающую человека урбанизированную среду. Пропорции сочетаний природных ассоциаций и ощущений от комплекса изобретенных человеком вещей могут быть разными и зависят от поставленных проектных задач.

Особое место в современных интерьерах отводится текстилю, сочетающему в себе природное и техническое. Ткачество, известное всем в виде сплетения растительных, а позднее искусственных или синтетических волокон, даже в виде простых переплетений позволяет создавать тысячи разнофактурных полотен. Не случайно, когда говорят о шелковом блеске, теплоте шерстяного сукна, у нас возникают конкретные ощущения. Фактура, как правило, прочно связана с материалом, и ее рельеф зависит от толщины и характера нити. Но есть и своеобразные «бренды» переплетений, которые во множестве имитируются и наносятся на разные нетекстильные изделия. Таким брендом является фактура «рогожка», прижившаяся не только в рисунках обоев, но и в дизайне множества объемных объектов, включая светильники и даже приборные корпуса. В интерьерах хайтека, позиционируемых как «сложность простоты», текстиль приносит в «холод практицизма» тепло домашнего очага. Особенно это относится к яркого цвета фактурным вкраплениям текстильного наполнения спален и гостиных помещений. Комбинаторные возможности текстильных интерьерных объектов в организации образа интерьеров заставляют дизайнеров наносить на текстиль техно-орнаменты, не имеющие прямых аналогов в истории текстильного орнамента. Так, для ритмической организации среды, где минимализм и простота форм превалируют, на интерьерный текстиль часто наносят очень крупную клетку (черным по белому или белым по черному), прямые или волнистые широкие полосы, круги, расположенные «по метрической основе» на одинаковом расстоянии друг от друга как по ширине, так и по высоте раппорта. Красота фактуры полотна, созданная ткацкими переплетениями, смягчает жесткость техно-орнамента в ограниченной цветовой среде. Также используются на текстиле фотоизображения макро- и микроструктур, взятые из мира науки.

Более сложные отношения между орнаментальными построениями, созданными на основе природных фактур и техно-фактур или техно-орнаментов, наблюдаются в искусстве

постмодернизма. Римейк, реинтерпретация, лоскутность, художественное заимствование позволяют техно-орнаменту достаточно комфортно жить в этом странном «миксе» идей, поступков и изделий. В постмодернизме к природным фактурным орнаментальным композициям и техно-орнаменту начинает добавляться исторический орнамент, трактуемый как фактура. Сращивание фактур, структур, техно-орнамента и примитивно понятых исторических мотивов образуют новую форму, а может быть, и очень противоречивый образ. Это хорошо заметно в дизайне костюма ведущих европейских «скандальных» кутюрье, особенно у Поля Готье [9, с. 158]. Отдельная тема в современном орнаменте – фигуративные орнаменты, воспринимаемые человеком как фактурные. Как правило, это орнаменты, в которых мотив предельно уменьшен в раппорте и «прочитать» сюжет можно только с расстояния вытянутой руки. Игра «сюжет – фактура» позволяет дизайнерам ткани вносить в костюм театральность с эффектом обманок. Таким образом изысканная фактурно-текстурная красота хай-тека постепенно переходит к образно-ассоциативным противоречивым поискам постмодернизма. Под деловой протокольный костюм сине-серо-черных оттенков может одеваться рубашка или блузка с ярким по цвету мотивом. Но это уже граница, через которую не рекомендуется переходить при создании произведений «техно-стиля».

Еще одной проектной темой в современном искусстве и дизайне является диссонансная игра фактур и текстур. Она обостряет ощущения человека на зрительном и тактильном уровнях. Наиболее это эффективно там, где условия эксплуатации предметов дизайна требуют многослойности. Наиболее яркий пример – одежда. Одевая или снимая ее, человек проходит через

гамму ощущений, которые очень различны. Комбинируя даже деловой наряд, человек организует оттенки своего образа как для себя, так и для среды, и эти оттенки далеко не всегда должны быть гармоничны. Конечно, наиболее острые варианты возможны только при включении в эту игру крупнораппортных сюжетных мотивов, но и без них «разброс чувств может быть значительным» [10, с. 280].

Резюмируя наши исследования функции и художественной образности фактурно-текстурных природных и «технических» орнаментальных построений и орнаментов, мы отмечаем возрастание их роли во всей сфере дизайна. Освобожденные от «оков» стилевых сюжетных мотивов фактурно-текстурные поверхности взяли на себя функции орнамента, а при появлении техно-орнамента стали восприниматься вместе с ним как новая орнаментальная форма урбанизированной среды. Постмодернизм в какой-то степени реанимировал исторические орнаменты, но использование их не предусматривало полноценного воздействия заложенного в них смыслового наполнения. Они рассматривались в основном как большеформатные фактуроподобные композиции, «текст» которых можно прочесть только при большом желании. Исходя из этого, мы считаем, что в конце XX – начале XXI века произошел беспрецедентный рост интереса к фактурно-текстурным орнаментальным образованиям, которые уже создают орнаментально выстроенную художественную среду, но не образуют легко читаемых художественных образов. Эти образы очень расплывчаты, подвижны и связаны со средой, которая должна быть комфортна, но в значительной степени дистанцирована от человека, в офисно-деловой среде особенно. Орнамент в такой среде предельно контекстуален.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ван де Вельде А. Одушевление материала как принцип красоты // Декоративное искусство СССР. 1965. № 2. С. 34–36.
2. Домогацкий В. Н. О скульптуре. М.: Советский художник, 1984. 378 с.
3. Салтыков А. Б. Самое близкое искусство. М.: Просвещение, 1968. 296 с.
4. Вопросы эстетики / под общ. ред. Г. А. Недошивина. М.: Искусство, 1958. Вып. 1. 436 с.
5. Руубер Г. Э. Об элементарном эстетическом восприятии // Декоративное искусство СССР. 1977. № 2. С. 28–31.
6. Руубер Г. Э. О закономерностях художественного визуального восприятия. Таллин: Валгус, 1985. 344 с.
7. Прангишвили А. С. Исследование по психологии установки / Академия наук Груз. ССР. Ин-т психологии им. Д. Н. Узнадзе. Тбилиси: Мецниереба, 1967. 340 с.
8. Бесчастнов Н. П. Художественный язык орнамента. М.: ВЛАДОС, 2010. 598 с.
9. Бесчастнов Н. П., Ковалева О. В., Рыбаулина И. В. От фактурно-оттеночных орнаментов к орнаментальным композициям контрастных цветовых сочетаний: пути поиска образности в дизайне // Вестник МГХПА. 2019. № 1-2. С. 149–159.

10. Бесчастнов Н. П., Рыбаулина И. В., Дембицкая А. С. От народного предметного творчества к отечественному декоративно-прикладному искусству фольклорного направления: современный опыт и пути развития // Вестник славянских культур. 2020. Т. 55. С. 272–283.

REFERENCES

1. Van de Vel'de A. Odushevljenie materiala kak princip krasoty // Dekorativnoe iskusstvo SSSR. 1965. № 2. S. 34–36.
2. Domogackij V. N. O skul'pture. M. : Sovetskij hudozhnik, 1984. 378 s.
3. Saltykov A. B. Samoe blizkoe iskusstvo. M. : Prosveshchenie, 1968. 296 s.
4. Voprosy estetiki / pod obshch. red. G. A. Nedoshivina. M. : Iskusstvo, 1958. Vyp. 1. 436 s.
5. Ruuber G. E. Ob elementarnom esteticheskom vospriyatii // Dekorativnoe iskusstvo SSSR. 1977. № 2. S. 28–31.
6. Ruuber G. E. O zakonomernostyah hudozhestvennogo vizual'nogo vospriyatiya. Tallin : Valgus, 1985. 344 s.
7. Prangishvili A. S. Issledovanie po psihologii ustanovki / Akademiya nauk Gruz. SSR. In-t psihologii im. D. N. Uznadze. Tbilisi : Mecniereba, 1967. 340 s.
8. Beschastnov N. P. Hudozhestvennyj yazyk ornamenta. M. : VLADOS, 2010. 598 s.
9. Beschastnov N. P., Kovaleva O. V., Rybaulina I. V. Ot fakturno-ottenochnyh ornamentov k ornamental'nym kompozitsiyam kontrastnyh cvetovyh sochetanij: puti poiska obraznosti v dizajne // Vestnik MGHPA. 2019. № 1-2. S. 149–159.
10. Beschastnov N. P., Rybaulina I. V., Dembickaya A. S. Ot narodnogo predmetnogo tvorchestva k otechestvennomu dekorativno-prikladnomu iskusstvu fol'klornogo napravleniya: sovremennyyj opyt i puti razvitiya // Vestnik slavyanskih kul'tur. 2020. Т. 55. S. 272–283.

Статья поступила в редакцию 11.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021.

**ПО ИТОГАМ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ»
(Кострома, 14–18 декабря 2020 года)**

Научная статья

УДК 004.5:616-089

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-46-51

Глеб Сергеевич Филиппов^{1,2}

filippov.gleb@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4081-8857>

Константин Андреевич Шалюхин¹

constmeister@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7515-2242>

Гагик Володяевич Рашоян¹

gagik_r@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8255-8109>

Виктор Аркадьевич Глазунов¹

vaglznv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4802-0217>

Сергей Александрович Скворцов¹

1691skvorcov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0470-0923>

Александр Константинович Алёшин¹

aleshin_ak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7960-2586>

¹Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), Москва, Россия

²Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет) (МАИ), Москва, Россия

**МЕХАНИЗМ МАНИПУЛЯТОРА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОБОТИЗИРОВАННОМ ХИРУРГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

Аннотация. В статье рассматриваются механизмы параллельной и параллельно-последовательной структуры, в том числе конкретные поступательно-направляющие, плоские, сферические механизмы параллельной структуры с тремя степенями свободы, модификации роботов Delta различных производителей. Приводятся наиболее известные исследования роботов параллельно-последовательной структуры. Рассматриваются системы Mazor Renaissance и Mazor X Robotic для роботизированного ассистирования при проведении хирургических операций на позвоночнике. Кратко приводится методика синтеза механизмов параллельно-последовательной структуры с пятью степенями свободы. Приводятся примеры синтезированных схем механизмов и трехмерных схем, синтезированных с применением моделирования в системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Рассматривается схема механизма параллельно-последовательной структуры с пятью степенями свободы для роботизированного ассистирования при проведении малоинвазивных операций, который может быть использован как альтернатива платформе daVinci Surgical System. Приводится пример моделирования решения обратной задачи о положениях, прямой и обратной задачи о скоростях и прямой и обратной динамической задачи в системе MathCad, результат моделирования движения выходного звена в различных исходных условиях. Показываются результаты экспериментальных исследований с использованием опытного образца механизма.

Ключевые слова: механизм параллельной структуры, синтез и анализ, динамическая задача, механизм параллельно-последовательной структуры, роботизированный хирургический комплекс, математическое моделирование, роботы параллельно-последовательной структуры

Для цитирования: Механизм манипулятора с параллельной структурой для использования в роботизированном хирургическом комплексе / Г. С. Филиппов, К. А. Шалюхин, Г. В. Рашоян, В. А. Глазунов, С. А. Скворцов, А. К. Алёшин // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 46–51. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-46-51>.

Original article

Gleb S. Filippov^{1,2}, Konstantin A. Shalyukhin¹, Gagik V. Rashoyan¹, Viktor A. Glazunov¹, Sergey A. Skvortsov¹, Alexandr K. Aleshin¹

¹ Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN);

² Moscow Aviation Institute (National Research University)

PARALLEL MANIPULATOR MECHANISM FOR USE IN ROBOTIC SURGERY

Abstract. *The article examines the mechanisms of parallel and parallel-sequential structure, including specific translational-guides, flat, spherical mechanisms of a parallel structure with three degrees of freedom, modifications of Delta robots from various manufacturers. The most famous studies of robots of parallel-serial structure are presented. Mazor Renaissance and Mazor X robotic systems for robotic assistance during spinal surgery are examined. The method of synthesis of mechanisms of parallel-serial structure with five degrees of freedom is briefly presented. Examples of synthesised schemes of mechanisms and three-dimensional schemes, synthesised using in the computer-aided design system Compass 3D, are given. A diagram of a mechanism of a parallel-sequential structure with five degrees of freedom for robotic assistance during minimally invasive operations, which can be used as an alternative to the da Vinci Surgical System Platform, is examined. An example of modelling the solution of the inverse problem of positions, direct and inverse problems of velocities and direct and inverse dynamic problems in the Mathcad system, the result of modelling the motion of the output link in various initial conditions is given. The results of experimental studies using a prototype mechanism are shown.*

Keywords: *mechanism of parallel structure, synthesis and analysis, dynamic problem, mechanism of parallel-sequential structure, robotic surgery, mathematical modeling, robots of parallel-serial structure*

For citation: Filippov G. S., Shalyukhin K. A., Rashoyan G. V., Glazunov V. A., Skvortsov S. A., Aleshin A. K. Parallel manipulator mechanism for use in robotic surgery // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 46–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-46-51>.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию новых высокоэффективных робототехнических, технологических, медицинских, исследовательских систем, основанных на эффективно спроектированных машинах и механизмах [1]. В частности, речь идет о хирургической технике: системы манипулирования (для высокоточных хирургических манипуляций), хирургические лазеры и др. [2].

Среди широкого спектра задач можно рассмотреть необходимость развития роботизированной хирургической техники для проведения вертебральных операций (на позвоночнике). При этом важными характеристиками робота являются высокая точность и нагрузочная способность. В позвонки должны быть ввернуты винты относительно большого диаметра (рис. 1) [3].

Использование роботизированной системой ориентирования инструмента при проведении операций в области позвоночника позволяет снизить нагрузку на хирурга, увеличить точность установки винтов, снизить количество осложнений, уменьшить время облучения персонала [4]. Применение передовой технологии с использованием различных роботизированных комплексов, прежде всего Mazor Robotics (Израиль), позволяет оперировать пациентов со сложными анатомическими деформациями,

которые часто исключаются из вариантов хирургического вмешательства [5–8]. При этом наблюдается снижение отклонений от расположения шурупов, нарушений стенок ножки, уменьшение облучения хирурга, времени операции [5, 9–12]. Использование роботизированной ориентации инструмента увеличило точность установки педикулярного винта на 58 %, тем самым снизив риск неврологических травм [9].

Отечественные разработки в данном направлении ведутся в МГТУ «СТАНКИН» [13], а также в ИМАШ РАН [14–18].

В Институте машиноведения им. А. А. Благонравова разрабатываются собственные схемы механизмов, имеющие перспективы использования в хирургических вертебральных роботах. Схема одного из них представлена на рис. 2.

Рассматриваемый пространственный механизм содержит основание 2, соединенные между собой кинематическими цепями направляющую раму 3 и выходное звено с установленным на нем рабочим органом 1 (см. рис. 2) [19]. Направляющая выполнена в виде жестко закрепленной на основании по углам прямоугольной рамы 3, на двух параллельных сторонах которой имеются подвижные кинематические пары 7. Выходное звено представляет собой прямо-

угольную раму 8 с расположенными на двух сторонах, параллельных соответствующим сторонам направляющей рамы, двумя вращательными кинематическими парами 6, соединенными с ними двумя кинематическими цепями. Каждая из цепей включает в себя две пары параллельных жестких звеньев 5, сопряженных с одной стороны между собой и рамой выходного звена с помощью поворотных шарниров 6,

а с другой стороны – посредством двойного поворотного шарнира 4 с вертикально установленным звеном на подвижном шарнире 7 направляющей рамы 3. Причем рабочий орган 1 закреплен на средней оси рамы выходного звена, соединенной с вращательными приводами 9, расположенными на двух сторонах рамы 8 между вращательными шарнирами 6.



Рис. 1. Конструкция на муляже

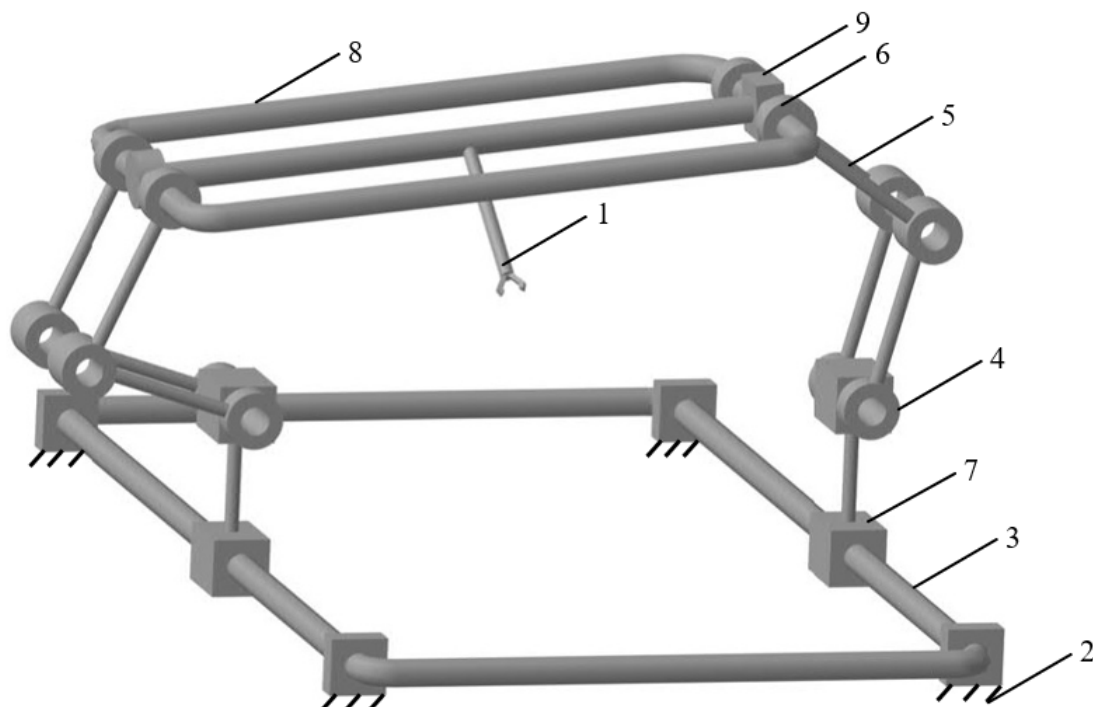


Рис. 2. Схема механизма параллельно-последовательной структуры

Манипулятор на основе механизма параллельно-последовательной структуры с пятью степенями свободы работает следующим образом [20]. Рабочая зона рабочего органа ма-

нипулятора располагается внутри направляющей рамы 3, между кинематически связанным рабочим органом 1 и основанием 2. Приводами оснащены обе кинематические пары 7, кинема-

тические пары 4, 5 кинематических цепей (с обеих сторон механизма), вращательная кинематическая пара 9. Совместное действие приводов, установленных на кинематические пары 4, 5, 7, позволяет перемещать в пространстве подвижную рамку 8. Движение в паре 4, 5 приводит к наклону или повороту рамки 8 относительно продольной оси. Кроме того, совместное действие приводов 4, 5 приводит, наряду с поворотом рамки 8, к ее перемещению в поперечном направлении. Перемещение в продольном направлении рамки 8 осуществляется размещенными на направляющей раме 3 приводами поступательного перемещения 7. Вращательные кинематические пары 9, расположенные на рамке 8, связанные с рабочим органом 1, на котором может быть закреплен инструмент или обрабатываемая деталь, обеспечивают поворот рабочего органа 1 вокруг поперечной оси.

Таким образом, приводы 4, 5 совместно обеспечивают вертикальное перемещение рабочего органа 1, его поворот вокруг продольной оси вместе с рамкой 8, а также его перемещение в поперечном направлении. Приводы

7 позволяют осуществить поступательное перемещение рабочего органа 1 в плоскости основания 2 вдоль продольной оси. Пространственный механизм параллельной структуры обеспечивает рабочему органу пять степеней подвижности.

Важным преимуществом рассматриваемого робота над роботами Mazor Robotics является предусмотренная еще на этапе структурного синтеза функциональная возможность проведения силовых операций – закручивание винтов в позвоночник непосредственно роботом-ассистентом (рис. 3).

Таким образом, развитие сферы разработки роботов-ассистентов, все активнее применяющихся в хирургических операциях в передовых научно развитых странах идет высоким темпом. В нашей стране есть различные организации, занимающиеся исследованиями в области медицинских роботов. Стоит отметить, что отечественные разработки обладают рядом преимуществ, расширяя функциональные возможности медицинских роботов и улучшая их характеристики, и представляют интерес для развития сферы ассистирующих роботов.



Рис. 3. Схема применения вертебрального робота параллельно-последовательной структуры

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 // СПС «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967 (дата обращения: 20.10.2020).
2. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года : утв. Правительством РФ 3 января 2014 г. // СПС «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157978 (дата обращения: 20.10.2020).

3. Транспедикулярная фиксация позвоночника (2020) // Хирургия позвоночника. Гомель. URL: <https://prozvonok.by/lechenie/chto-takoe-transpedikulyarnyj-fiksator-tpf> (дата обращения: 30.03.2021).
4. Робот-ассистированная хирургия в лечении больных с опухолями позвоночника / Э. Р. Мусаев, А. К. Валиев, К. А. Борзов, Д. И. Сафронов // Клиническая и экспериментальная хирургия : журнал им. академика Б. В. Петровского. 2015. № 4(10). С. 53–55.
5. Robotic assisted surgeries for the treatment of spine tumors / X. Hu, T. J. Scharschmidt, D. D. Ohnmeiss, I. H. Lieberman // International Journal of Spine Surgery. 2015. Vol. 9, nr 1. URL: <http://www.ijssurgery.com/content/ijss/9/1.full.pdf> (дата обращения: 15.01.2021).
6. Bone-mounted miniature robotic guidance for pedicle screw and translaminar facet screw placement: Part 1. Technical development and a test case result / I. H. Lieberman, D. Togawa, M. M. Kayanja et al. // Neurosurgery. 2006. Vol. 59, iss. 3. P. 641–650.
7. Clinical acceptance and accuracy assessment of spinal implants guided with SpineAssist surgical robot: retrospective study / D. P. Devito, L. Kaplan, R. Dietl et al. // Spine. 2010. Vol. 35, nr 24. P. 2109–2115.
8. Perioperative course and accuracy of screw positioning in conventional, open robotic-guided and percutaneous robotic-guided, pedicle screw placement / S. R. Kantelhardt, R. Martinez, S. Baerwinkel et al. // European Spine Journal. 2011. Nr 20. P. 860–868.
9. Assessment of pedicle screw placement accuracy, procedure time, and radiation exposure using a miniature robotic guidance system / I. H. Lieberman, M. A. Hardenbrook, J. C. Wang, R. D. Guyer // Journal of Spinal Disorders and Techniques. 2012. Vol. 25, nr 5. P. 241–248.
10. Percutaneous placement of pedicle screws in the lumbar spine using a bone mounted miniature robotic system: first experiences and accuracy of screw placement / I. Pechlivanis, G. Kiriyathan, M. Engelhardt et al. // Spine. 2009. Vol. 34, nr 4. P. 392–398.
11. Sukovich W., Brink-Danan S., Hardenbrook M. Miniature robotic guidance for pedicle screw placement in posterior spinal fusion: early clinical experience with the SpineAssist // International Journal of Medical Robotics. 2006. Nr 2. P. 114–122.
12. Hu X., Ohnmeiss D. D., Lieberman I. H. Robotic-assisted pedicle screw placement: lessons learned from the first 102 patients // European Spine Journal. 2013. Nr 22(3). P. 661–666.
13. Наш ответ Да Винчи. Российские ученые разрабатывают настоящего робота-хирурга / Ю. Медведев // Российская газета. 2019. № 66(7824).
14. Parallel and Sequential Structures of Manipulators in Robotic Surgery / E. I. Veliev, R. F. Ganiev, V. A. Glazunov, G. S. Filippov // Doklady Physics. 2019. Vol. 64, nr 3. P. 106–109.
15. Глазунов В. А. Механизмы параллельной структуры и их применение: робототехнические, технологические, медицинские, обучающие системы : монография. – Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2018. – 1036 с.
16. Филиппов Г. С., Глазунов В. А., Ласточкин А. Б. Механизм параллельной структуры с 5 степенями свободы для вертебральных операций и аддитивных технологий // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2018. № 10(259). С. 55–60.
17. Разработка и решение задачи о положениях механизма параллельно-последовательной структуры для хирургических операций как альтернативы роботу da Vinci / Е. И. Велиев, Р. Ф. Ганиев, В. А. Глазунов, Г. С. Филиппов, А. Н. Терехова // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. № 4. С. 3–13.
18. Разработка роботов-ассистентов для хирургических операций / В. А. Глазунов, Л. В. Гаврилина, Г. С. Филиппов, П. А. Швец, В. Ф. Юдкин // Русский инженер. 2020. № 4(69). С. 43–45.
19. Патент РФ на полезную модель № 191807 РФ Пространственный механизм параллельной структуры с пятью степенями свободы / Филиппов Г. С., Глазунов В. А., Алешин А. К., Левин С. В., Рашоян Г. В., Шалюхин К. А., Скворцов С. А., Филиппов О. С., Гаврюшин С. С., Григорьянц А. Г. Оpubл. 22.08.2019, Бюл. № 24.
20. Филиппов Г. С. Научное обоснование и разработка механизмов параллельно-последовательной структуры для многокоординатных манипуляционных систем : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2019. 324 с.

REFERENCES

1. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii : utv. Ukazom Prezi-denta Rossijskoj Federacii ot 1 dekabrya 2016 g. № 642 // SPS “Konsul'tantPlyus”. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967 (data obrashcheniya: 20.10.2020).

2. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda : utv. Pravitel'stvom RF 3 yanvarya 2014 g. // SPS "Konsul'tantPlyus". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157978 (data obrashcheniya: 20.10.2020).
3. Transpedikulyarnaya fiksaciya pozvonochnika (2020) // Hirurgiya pozvonochnika. Gornel'. URL: <https://pozvonok.by/lechenie/chto-takoe-transpedikulyarnyj-fiksator-tpf> (data obrashcheniya: 30.03.2021).
4. Robot-assistirovannaya hirurgiya v lechenii bol'nyh s opuholyami pozvonochnika / E. R. Musaev, A. K. Valiev, K. A. Borzov, D. I. Safronov // Klinicheskaya i eksperimental'naya hirurgiya : zhurnal im. akademika B. V. Petrovskogo. 2015. № 4(10). S. 53–55.
5. Robotic assisted surgeries for the treatment of spine tumors / X. Hu, T. J. Scharschmidt, D. D. Ohnmeiss, I. H. Lieberman // International Journal of Spine Surgery. 2015. Vol. 9, nr 1. URL: <http://www.ijssurgery.com/content/ijss/9/1.full.pdf> (data obrashcheniya: 15.01.2021).
6. Bone-mounted miniature robotic guidance for pedicle screw and translaminar facet screw placement: Part 1. Technical development and a test case result / I. H. Lieberman, D. Togawa, M. M. Kavanja et al. // Neurosurgery. 2006. Vol. 59, iss. 3. P. 641–650.
7. Clinical acceptance and accuracy assessment of spinal implants guided with SpineAssist surgical robot: retrospective study / D. P. Devito, L. Kaplan, R. Dietl et al. // Spine. 2010. Vol. 35, nr 24. P. 2109–2115.
8. Perioperative course and accuracy of screw positioning in conventional, open robotic-guided and percutaneous robotic-guided, pedicle screw placement / S. R. Kantelhardt, R. Martinez, S. Baerwinkel et al. // European Spine Journal. 2011. Nr 20. P. 860–868.
9. Assessment of pedicle screw placement accuracy, procedure time, and radiation exposure using a miniature robotic guidance system / I. H. Lieberman, M. A. Hardenbrook, J. C. Wang, R. D. Guyer // Journal of Spinal Disorders and Techniques. 2012. Vol. 25, nr 5. P. 241–248.
10. Percutaneous placement of pedicle screws in the lumbar spine using a bone mounted miniature robotic system: first experiences and accuracy of screw placement / I. Pechlivanis, G. Kiriyathan, M. Engelhardt et al. // Spine. 2009. Vol. 34, nr 4. P. 392–398.
11. Sukovich W., Brink-Danan S., Hardenbrook M. Miniature robotic guidance for pedicle screw placement in posterior spinal fusion: early clinical experience with the SpineAssist // International Journal of Medical Robotics. 2006. Nr 2. P. 114–122.
12. Hu X., Ohnmeiss D. D., Lieberman I. H. Robotic-assisted pedicle screw placement: lessons learned from the first 102 patients // European Spine Journal. 2013. Nr 22(3). P. 661–666.
13. Nash otvet Da Vinchi. Rossijskie uchenye razrabatyvayut nastoyashchego robota-hirurga / YU. Medvedev // Rossijskaya gazeta. 2019. № 66(7824).
14. Parallel and Sequential Structures of Manipulators in Robotic Surgery / E. I. Veliev, R. F. Ganiev, V. A. Glazunov, G. S. Filippov // Doklady Physics. 2019. Vol. 64, nr 3. P. 106–109.
15. Glazunov V. A. Mekhanizmy parallel'noj struktury i ih primenenie: robototekhnicheskie, tekhnologicheskie, medicinskie, obuchayushchie sistemy : monografiya. – Izhevsk : Izhevskij institut komp'yuternyh issledovanij, 2018. – 1036 s.
16. Filippov G. S., Glazunov V. A., Lastochkin A. B. Mekhanizm parallel'noj struktury s 5 stepenyami svobody dlya vertebral'nyh operacij i additivnyh tekhnologij // Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal s prilozheniem. 2018. № 10(259). C. 55–60.
17. Razrabotka i reshenie zadachi o polozheniyah mekhanizma parallel'no-posledovatel'noj struktury dlya hirurgicheskikh operacij kak al'ternativy robotu da Vinci / E. I. Veliev, R. F. Ganiev, V. A. Glazunov, G. S. Filippov, A. N. Terekhova // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. 2019. № 4. S. 3–13.
18. Razrabotka robotov-assistentov dlya hirurgicheskikh operacij / V. A. Glazunov, L. V. Gavrilina, G. S. Filippov, P. A. Shvec, V. F. Yudkin // Russkij inzhener. 2020. № 4(69). S. 43–45.
19. Patent RF na poleznuyu model' № 191807 RF Prostranstvennyj mekhanizm parallel'noj struktury s pyat'yu stepenyami svobody / Filippov G. S., Glazunov V. A., Aleshin A. K., Levin S. V., Rashoyan G. V., SHalyuhin K. A., Skvorcov S. A., Filippov O. S., Gavryushin S. S., Grigor'yanc A. G. Opubl. 22.08.2019, Byul. № 24.
20. Filippov G. S. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka mekhanizmov parallel'no-posledovatel'noj struktury dlya mnogokoordinatnyh manipulyacionnyh sistem : dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2019. 324 s.

Статья поступила в редакцию 30.10.2020
Принята к публикации 11.03.2021.

Научная статья

УДК 621.02:004

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-52-54

Станислав Васильевич Михайлов¹

Максим Александрович Померанцев²

Олег Владиславович Зимницкий³

Сергей Алексеевич Голубев⁴

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

¹michsv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9450-5285>

²grinder@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8874-3524>

³oleg.zimn@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7811-3396>

⁴golubevsa@motordetal.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1270-3929>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ ЗАГОТОВОК С ПЛОСКИМИ ГРЯНЯМИ

Аннотация. В статье затрагивается тема режущего инструмента, который относится к наукоемкой, постоянно совершенствующейся продукции. Особое внимание в статье уделено современным тенденциям развития режущих инструментов, в том числе проектированию новых и совершенствованию существующих конструкций инструмента и технологий его изготовления. Статья посвящена актуальной проблеме цифрового моделирования режущих пластин, с помощью которого обеспечиваются благоприятные условия резания и стабильное дробление стружки в процессе резания. В статье обобщен новый материал по практическому опыту использования цифровых моделей при проектировании сложнопрофильных пластин. Основное внимание в работе авторы акцентируют на применение компьютерного моделирования операции заточки. Это позволяет оперативно менять геометрию опытных образцов за счет изменения параметров наладки заточного станка.

Ключевые слова: производство, технологии спекания, цифровое моделирование, сложнопрофильный инструмент, 3D-модели, проектирование пластин, геометрия образцов, параметры заточки

Для цитирования: Использование цифровых моделей при проектировании и изготовлении сложнопрофильных режущих пластин из заготовок с плоскими гранями / С. В. Михайлов, М. А. Померанцев, О. В. Зимницкий, С. А. Голубев // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 52–54. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-52-54>.

Original article

Stanislav V. Mikhailov¹, Maxim A. Pomerantsev², Oleg V. Zimnitsky³, Sergey A. Golubev⁴

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

USAGE OF DIGITAL MODELS IN THE DESIGN AND MANUFACTURE OF COMPLEX-PROFILE CUTTING INSERTS MADE OF BLANKS WITH FLAT FACES

Abstract. The article deals with the topic of cutting tools, which refers to high-tech, constantly improving products. Particular attention in the article is paid to modern trends in the development of cutting tools, including the design of new and improvement of existing designs of tools and technologies for its manufacture. The article is devoted to the topical problem of digital modelling of the cutting inserts that ensures favourable cutting conditions and stable shavings breakage during cutting. The article summarises new material on the practical experience of using digital models in the design of complex-profile inserts. The authors focus on the application of computer simulation of the sharpening operation. This allows to quickly change the geometry of the prototypes by changing the settings of the sharpening machine.

Keywords: manufacturing, sintering technologies, digital modelling, complex-profile tools, 3D models, inserts design, sample geometry, sharpening parameters

For citation: Mikhailov S. V., Pomerantsev M. A., Zimnitsky O. V., Golubev S. A. Usage of digital models in the design and manufacture of complex-profile cutting inserts made of blanks with flat faces // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 52–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-52-54>.

В настоящее время развитие технологии изготовления твердосплавного инструмента связывают с новой технологией спекания твердосплавного порошка в электрическом поле (FAST/SPS спекание). Преимущество метода обеспечивается за счет увеличения скорости нагрева и уменьшения времени выдержки при спекании по сравнению с традиционной технологией. К недостаткам FAST/SPS спекания следует отнести проблематичность получения сложнопрофильных заготовок. Этот недостаток резко усложняет изготовление сменных режущих пластин с криволинейной передней поверхностью. Поэтому широкое применение нового метода изготовления инструментов во многом зависит от выбора конструкции и технологии получения сложнопрофильных рабочих поверхностей режущих пластин на основе применения цифрового моделирования.

Методы построения 3D-моделей пластин зависят от сложности рабочих поверхностей инструмента. При проектировании пластин с переменными вдоль режущей кромки геометрическими параметрами эффективным является метод построения по сечениям лезвия в главных секущих плоскостях и сечениям, параллельным основной плоскости инструмента. Метод удобен в реализации, имеет простую логику. Однако для построения вогнутых и выпуклых поверхностей по этому методу требуется выполнение дополнительных расчетов. Более универсальным является метод элементарных поверхностей. В соответствии с методом пластина разбивается на элементарные поверхности, построение которых осуществляется простыми операциями выдавливания, вращения, удаления материала, наращивания. Метод устойчив к небольшим погрешностям моделирования, требует мало ресурсов персонального компьютера. К недостаткам метода можно отнести ограниченные возможности при проектировании сложных сплайновых поверхностей. Для моделирования режущих пластин со сложными поверхностями рекомендуется применять комбинированный подход, сочетающий различные методы построения [1].

Изложенные методы были использованы при моделировании сложнопрофильных конструкций режущих пластин для обработки нержавеющей стали и выбора рациональных способов формообразования стружкозавивающих передних поверхностей. Главными проблемами, с которыми приходится сталкиваться при проектировании режущих пластин для обработки материалов группы М, являются высокие силы резания, концентрация

температуры вблизи режущей кромки, формирование трудноуправляемой сливной стружки. Все эти факторы оказывают существенное влияние на выбор конструкции и геометрических параметров инструмента, в том числе формы и расположения стружкозавивающих элементов на передней поверхности инструмента [2].

В результате цифрового проектирования в среде SolidWorks и Creo Parametric разработаны 4 конструкции пластин для обработки нержавеющей стали:

- 1) сложнопрофильная твердосплавная пластина CNMG 120408 BK10 для черновой и получистовой обработки нержавеющей стали, в том числе стали 12X18H9T;
- 2) твердосплавная пластина TNMR 160408 BK6 для черновой обработки нержавеющей стали 12X18H9T;
- 3) твердосплавная пластина TNMR 160404 BK4 для чистовой обработки нержавеющей стали;
- 4) сложнопрофильная пластина CNMG 120408 BK10, спроектированная с учетом ее изготовления электроэрозионным или электрохимическим методом.

За счет специальной геометрии пластин реализованы благоприятные условия для поперечного вращения стружки, что позволило расширить диапазон стружкодробления в сторону малых и больших значений глубин и подач [3, 4].

Конструкции твердосплавных пластин TNMR 160408 BK6 и TNMR 160404 BK4 имеют упрощенную геометрию передней поверхности, спроектированы для их изготовления на заточном станке (рис. 1).

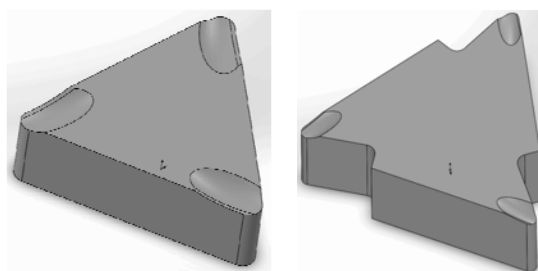


Рис. 1. 3D-модели твердосплавных пластин TNMR 160408 и TNMR 160404 для черновой и чистовой обработки нержавеющей стали

Для формирования передних поверхностей таких пластин используются профилированные алмазные круги, поэтому геометрия состоит из элементарных плоских поверхностей и поверхностей вращения. Размеры поверхностей и их расположение определяются условиями резания. Для выбранных условий резания наиболее рациональной является конструкция

с укороченной передней поверхностью и закрытой желобообразной канавкой, расположенной под углом к режущей кромке.

Расчет технологической оснастки и параметров настройки абразивного инструмента при формировании сложной передней поверхности пластин осуществлялся с применением компьютерного моделирования операции заточки (рис. 2).

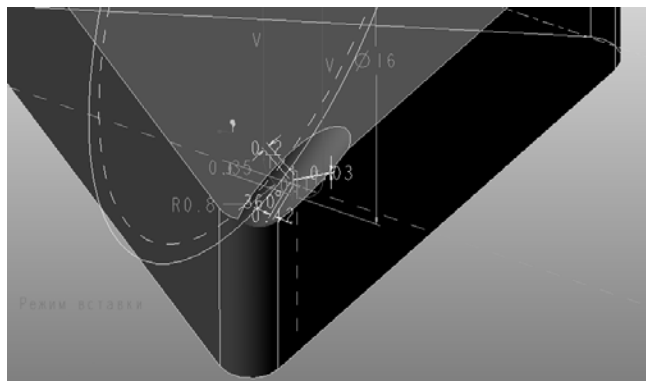


Рис. 2. Размеры элемента «Вращение с удалением материала» для моделирования стружкозавивающей поверхности пластины TNMR 160408

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Твердотельное моделирование сложнопрофильных сменных металлорежущих пластин / С. В. Михайлов, Д. О. Криг, А. С. Михайлов, К. Р. Зайцева // Научный вестник КГТУ. 2014. № 1. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2014-1-7.pdf> (дата обращения: 4.02.2021).
2. Проектирование и производство сложнопрофильных токарных пластин для обработки жаропрочных сплавов / С. В. Михайлов, Н. Ю. Ковеленов, А. С. Михайлов, А. Д. Андриянов // Металлообработка. 2015. № 6(90). С. 2–10.
3. Михайлов С. В., Глумин М. Ю. Совершенствование сменных многогранных пластин для обработки жаропрочных сплавов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 8-2. С. 58–64.
4. Михайлов С. В. Развитие теории стружкообразования и проектирования режущих инструментов с криволинейной передней поверхностью // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2017. № 8(245). С. 13–21.

REFERENCES

1. Tverdotel'noe modelirovanie slozhnoprofil'nyh smennyh metallorzhushchih plastin / S. V. Mihajlov, D. O. Krig, A. S. Mihajlov, K. R. Zajceva // Nauchnyj vestnik KGTU. 2014. № 1. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2014-1-7.pdf> (data obrashcheniya: 4.02.2021).
2. Proektirovanie i proizvodstvo slozhnoprofil'nyh tokarnykh plastin dlya obrabotki zharoprochnykh spлавov / S. V. Mihajlov, N. Yu. Kovelenov, A. S. Mihajlov, A. D. Andriyanov // Metalloobrabotka. 2015. № 6(90). S. 2–10.
3. Mihajlov S. V., Glumin M. Yu. Covershenstvovanie smennyh mnogogrannykh plastin dlya obrabotki zharoprochnykh spлавov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2017. № 8-2. S. 58–64.
4. Mihajlov S. V. Razvitie teorii struzhkoobrazovaniya i proektirovaniya rezhushchih instrumentov s krivolinejnoy perednej poverhnost'yu // Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal s prilozheniem. 2017. № 8(245). S. 13–21.

Статья поступила в редакцию 14.01.2021
Принята к публикации 11.03.2021

Научная статья

УДК 004.03:621.396

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-55-57

Эдуард Станиславович Якупов

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

yesfact@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1778-3035>

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SBRIO-9636 И ШИРОКОПОЛОСНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА MEMS ADXL1005

Аннотация. В данной статье описана измерительная система на базе программируемого одно-платного контроллера sbRIO-9636, которая предназначена для измерений виброускорений. В качестве измерительного датчика используется широкополосный акселерометр с низким уровнем шума MEMS ADXL1005. В работе приведена информация об ограничениях рассматриваемой измерительной системы, связанных с техническими характеристиками контроллера и датчика. Также приведена графическая схема программы, разработанной в среде LabVIEW. Обозначены диапазоны частоты и амплитуды сигналов, которые способна измерять система. Выполнено обоснование приведенных значений. Проведена валидация измерительной системы, результаты которой сведены в таблицу. По результатам работы сделаны выводы, на основании которых можно утверждать, что рассматриваемую измерительную систему целесообразно применять в научно-исследовательских работах, связанных с экспериментальным модальным анализом.

Ключевые слова: LabVIEW, sbRIO-9636, акселерометр ADXL1005, измерительная система, модальный анализ вынужденных колебаний, LabVIEW Real-time, FPGA

Для цитирования: Якупов Э. С. Измерительная система на базе контроллера sbRIO-9636 и широкополосного акселерометра MEMS ADXL1005 // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 55–57. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-55-57>.

Original article

Eduard S. Yakupov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

MEASURING SYSTEM BASED ON THE SBRIO-9636 CONTROLLER AND THE MEMS ADXL1005 BROADBAND ACCELEROMETER

Abstract. This article describes a measurement system based on a programmable single-Board controller sbRIO-9636, which is designed to control vibration acceleration measurements. A low-noise broadband accelerometer MEMS ADXL1005 is used as a measuring sensor. This paper provides information about the limitations of the considered measuring system related to the technical characteristics of the controller and sensor. A listing of the programme developed in the LabVIEW environment is also provided. The frequency and amplitude ranges that the system can measure are indicated. The given values are justified. The measurement system was validated, and the results are summarised in a table. Based on the results of the work, conclusions are made, which state that the considered measuring system should be used in research works related to experimental modal analysis.

Keywords: LabVIEW, sbRIO-9636, accelerometer ADXL1005, measurement system, modal analysis of forced oscillations, LabVIEW Real-time, FPGA

For citation: Yakupov E. S. Measuring system based on the sbRIO-9636 controller and the MEMS ADXL1005 broadband accelerometer // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 55–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-55-57>.

В любом упруго деформируемом теле при воздействии на него однократным импульсом (ударом) или периодическим действием вынуждающей силы можно возбудить колебания, характер которых может многое сказать о внутренней структуре тела. В случае воздействия

однократного импульса в теле будут наблюдаться собственные свободные затухающие колебания, которые могут быть разложены на собственные формы (СФ) и собственные частоты (СЧ). Совокупность СЧ и соответствующей ей СФ называется модой колебаний, а процедуру, при которой моды определяются в результате натурального эксперимента, называют эксперимен-

тальным модальным анализом (ЭМА). В статье приведено описание измерительной системы, которая позволяет проводить ЭМА [1].

Описание измерительной системы

Рассматриваемая в статье измерительная система (ИС) используется для экспериментального определения виброускорений. Она включает широкополосный акселерометр MEMS ADXL1005 с низким шумом и одноплатный промышленный контроллер sbRIO-9636, соединенный с компьютером. При сравнении ИС данного типа значительный интерес представляют их диапазоны измерений. Ограничения рассматриваемой ИС главным образом связаны с техническими характеристиками контроллера и датчика. К значимым параметрам контроллера можно отнести частоту его действия, которая составляет 40 МГц. Исходя из этой величины, можно вычислить предельную измеряемую частоту колебания тела, которая будет равна 10 кГц. Это значение является ограничением измерительной системы по частоте. Также к значимым характеристикам контроллера можно отнести дискретность принимаемого сигнала. АЦП, встроенный в sbRIO-9636, преобразует сигнал в дискретные цифровые значения. Количество значений можно определить следующим образом: $2^{16} = 65\,536$ (16-разрядный АЦП). Эти значения равномерно распределены по входному диапазону от -5 В до 5 В, воспринимаемому аналоговым входом. В следующем равенстве представлен расчет LSB (Least Significant Bit):

$$\frac{5 - (-5)}{65\,536} = 152,6 \text{ мкВ.} \quad (1)$$

Акселерометр способен измерять ускорение в диапазоне $\pm 100g$. Данное значение накладывает ограничение на максимальную амплитуду колебаний системы или тела. Также к важным параметрам датчика относится предельная частота измерения, которая равна 23 кГц. Это значение больше значения предельных измеряемых частот f . Следующий значимый параметр датчика – сверхнизкая плотность шума:

$$\frac{75 \mu g}{\sqrt{f}}.$$

На низких частотах ($f < 100$ Гц) шумы датчика не будут превышать $750 \mu g$.

Для контроллера разработана программа в среде LabView, которая состоит из двух частей. Первая часть управляет созданием постоянного напряжения на аналоговом выходе (АО0), используемом для питания акселеромет-

ра, и записывает показания с аналогового входа (АИ0), который подключен к выходному контакту акселерометра. Графическое представление программы дано на рис. 1.

Вторая часть программы представлена на рис. 2. Она отвечает за обработку принимаемого сигнала.

Валидация измерительной системы и результаты испытаний

Проверка производилась путем сравнения результатов, полученных при помощи разработанной ИС и поверенной (эталонной) ИС на базе NI USB-4432 и акселерометра Kistler Type 8614A500M1. Результаты измерений приведены в таблице.

Измерения проводились на балке, закрепленной в тисках.

В таблице приведены следующие параметры:

l – длина балки;

f_{A1} – значение первой собственной частоты при измерении разработанной ИС;

f_{A2} – значение первой собственной частоты при измерении поверенной ИС;

A_1/A_2 – отношение измеренных амплитуд разработанной и поверенной ИС соответственно.

Также в таблице приведено значение теоретической первой собственной частоты $f_{\text{теор}}$, которое было вычислено по следующей формуле [2, с. 153]:

$$f_{\text{теор}} = \left(\frac{2k-1}{2} \right)^2 \sqrt{\frac{EJ}{m_0 l^4}}, \quad (2)$$

где k – порядковый номер собственной формы;

EJ – жесткость при изгибе;

m_0 – масса единицы длины стержня;

l – длина стержня.

ВЫВОДЫ

1. Разработана измерительная система на базе sbRIO-9636 и акселерометра MEMS ADXL1005, которая позволяет проводить измерения виброускорений в диапазоне частот от 1 Гц до 10 кГц и амплитудой ускорений до $100g$ с дискретностью $0,015g$, что делает систему пригодной для экспериментального модального анализа.

2. Проведенные эксперименты показали, что отклонения по частоте составляют не более $0,5$ Гц, при этом коэффициент отношения амплитуд сохраняет значение не ниже $0,9$, что позволяет использовать разработанную систему в научно-исследовательских работах.

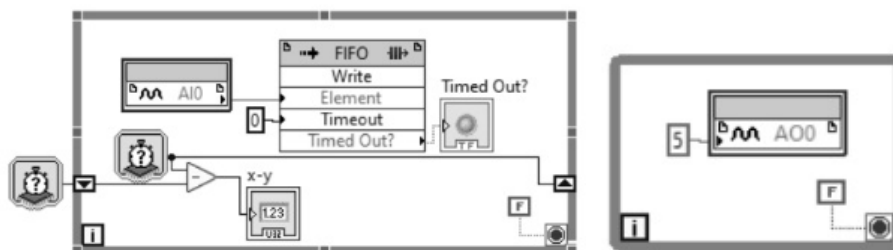


Рис. 1. Графическая схема программы, работающей с акселерометром

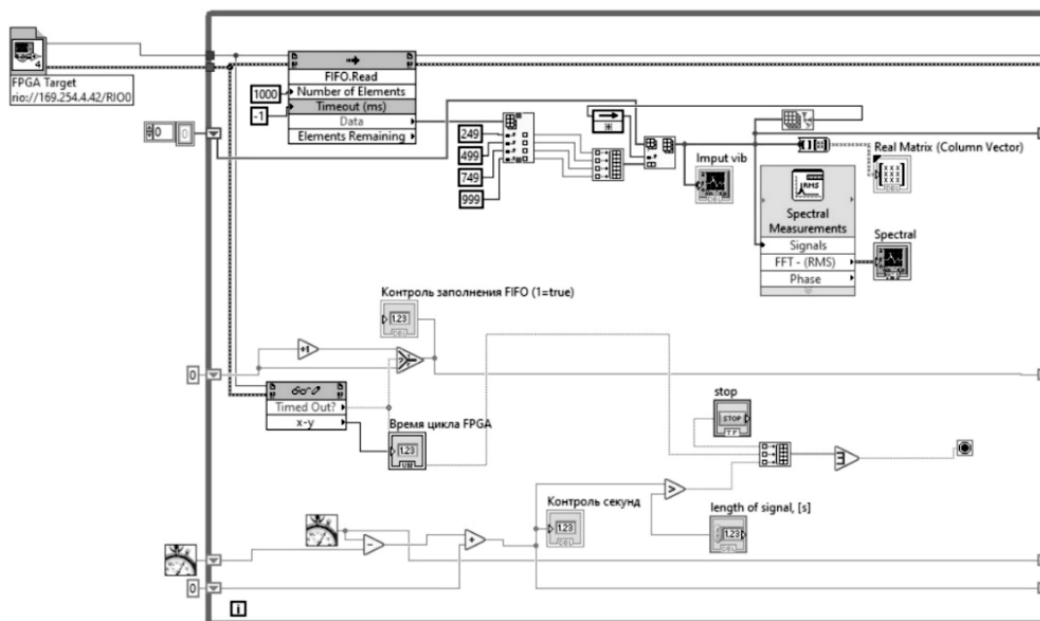


Рис. 2. Графическая схема программы обработки сигнала, выполненная в LabVIEW Real-Time

Т а б л и ц а

Значения, полученные при валидации системы

l , мм	$f_{\text{геор}}$, Гц	Разрабатываемая система		Эталонная система		$\frac{A_1}{A_2}$
		f_{A1} , Гц		f_{A2} , Гц		
400	10,2805	17,5081		17,4444		0,97
300	21,1038	28,4666		28,8889		0,95
200	58,1553	60,6947		60,5556		0,93

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Zhulev V., Kuts M. Contact models verification by the finite element model updating method based on the calculation of the sensitivity coefficient // Matec web of conferences : 14th International scientific-technical conference "Dynamic of technical systems", DTS-2018. Rostov-on-Don : EDP Sciences, 2018. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/85/matecconf_dts2018_02008.pdf (дата обращения: 15.01.2021).
- Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. М. : Ленанд, 2017. 416 с.

REFERENCES

- Zhulev V., Kuts M. Contact models verification by the finite element model updating method based on the calculation of the sensitivity coefficient // Matec web of conferences : 14th International scientific-technical conference "Dynamic of technical systems", DTS-2018. Rostov-on-Don : EDP Sciences, 2018. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/85/matecconf_dts2018_02008.pdf (data obrashcheniya: 15.01.2021).
- Biderman V. L. Teoriya mekhanicheskikh kolebaniy. M. : Lenand, 2017. 416 s.

Статья поступила в редакцию 14.01.2021
Принята к публикации 11.03.2021.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

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 100–120 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 (ORSID).
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 (100–120 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.

Правила составления аннотации к научной статье

Аннотация к научной статье представляет собой краткую характеристику текста с точки зрения его назначения, содержания, вида, формы и других особенностей. Она передает главную, ключевую, идею текста до ознакомления с его полным содержанием. Научная аннотация условно делится на три части:

- I. Презентация вопроса или проблемы, которым посвящена статья.
- II. Описание хода исследования.
- III. Выводы: итоги, которых удалось достичь в результате проведенного исследования.

В аннотации не допускается привлечение дополнительной информации (биографические данные, историческая справка, отступления, рассуждения и т. д.). В тексте аннотации не должны использоваться очень сложные предложения, изложение строится в научном стиле.

Фразы, рекомендуемые для написания аннотации к научной статье:

- В данной статье рассматривается проблема...
- Обосновывается идея о том, что...
- В статье затрагивается тема...
- Дается сравнение...
- Статья посвящена комплексному исследованию...
- В статье раскрываются проблемы...
- Особое внимание в статье уделено...
- В статье анализируется...
- Автор приходит к выводу, что...
- Основное внимание в работе автор акцентирует на...
- Выделяются и описываются характерные особенности...
- Статья посвящена актуальной проблеме...
- В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, в научный оборот вводятся...
- Предложенный подход будет интересен специалистам в области...
- В статье речь идет о...
- Статья посвящена детальному анализу...
- Статья раскрывает содержание понятия...
- Обобщается практический опыт...
- В статье исследуются характерные признаки...
- Автор дает обобщенную характеристику...

- В статье проанализированы концепции...
- В статье приведен анализ взглядов исследователей...
- В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины...
- Автор стремится проследить процесс...
- В статье дан анализ научных изысканий...

Пример оформления статьи

Научная статья

УДК 689

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-33-39

Сергей Ильич Галанин

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

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

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КАМНЕЙ И ОРГАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ЮВЕЛИРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** В статье рассмотрены особенности использования камней и органогенных образований, подвергнутых обработке различной степени, в разнообразных ювелирно-художественных изделиях. Показано, что в зависимости от вида минерального сырья или органогенного образования (жемчуг, раковины) используются различная глубина и методы его обработки. Проведена первичная систематизация сырья по степени его обработки. На примерах барочного жемчуга, друз, гемм, огранённых самоцветов и резных камней показано, что свойства и размеры самоцветов определяют композиционные решения по применению их в украшениях. Показано, что вставки, обладающие уникальными свойствами, всегда занимают место в центре композиции украшения, а различная глубина их обработки позволяет выявить и подчеркнуть их уникальность. Приведены примеры исторических и современных ювелирных изделий с различными уникальными вставками.*

***Ключевые слова:** ювелирно-художественные изделия, обработка камней и органогенных образований, степень и глубина обработки, композиционные решения ювелирных изделий, ювелирные вставки, свойства ювелирных вставок, огранка*

Original article

Sergey I. Galanin

Kostroma State University, Kostroma, Russia

FEATURES OF PROCESSING OF STONES AND ORGANOGENIC FORMATIONS FOR JEWELRY AND ART PRODUCTS

***Abstract.** The article deals with the features of the use of stones and organogenic formations subjected to various degrees of processing in various jewelry and art products. Using examples of baroque pearls, druzas, gems, cut gems and carved stones, it is shown that the properties and sizes of gems determine compositional solutions for their use in jewelry. It is shown in various jeweller-artistic wares, that depending on the type of mineral raw material or organogenic formations (pearls, shells) a different depth and methods of his treatment are used. Primary systematization of raw material is conducted on the degree of his treatment. It is shown that inserts with unique properties always occupy a place in the center of the decoration composition, and the different depth of their processing allows you to identify and emphasize their uniqueness. Examples of historical and modern jewelries are made with different unique insertions.*

***Keywords:** fine art jewellery, processing of gems and organogenic formations, degree and depth of processing, composite solutions of jewellery, jewellery inserts, properties of jewellery inserts, cut*

Текст статьи...

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

REFERENCES

© Галанин С. И., 2021

Примеры оформления библиографических ссылок на источники цитирования

Моноиздания

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия автора, инициалы. Название издания / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Количество страниц.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

Например:

Дементьева А. Г., Соколова М. И. Управление персоналом : учебник. М. : Магистр, 2008. 287 с.

Природопользование и среда обитания. Системный подход : монография / С. И. Кожурин [и др.] ; под общ. ред. Р. М. Мифтахова. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2005. 102 с.

Многотомное издание

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если есть. – Место издания : Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет.

Например:

Гоголь Н. В. Полн. собр. соч. : в 14 т. М. : Изд-во АН СССР, 1937–1952.

Если в библиографическом списке Вы указываете многотомное издание, в тексте статьи в квадратных скобках необходимо приводить не только порядковый номер источника в списке и страницы, но и том: [4, т. 9, с. 324].

Один том из многотомного издания

Фамилия автора, инициалы. Название издания : в кол-ве т. / информация о переводе и редакторе, если они есть. – Место издания: Издательство (издающая организация), год выхода издания в свет. – Том (Часть). – Количество страниц.

Например:

Блонский П. П. Избранные психологические и педагогические произведения : в 2 т. М. : Педагогика, 1979. Т. 2. 399 с.

Сборники

Название сборника : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Место издания : Издательство, год выхода в свет. – Количество страниц.

Например:

Методологические проблемы современной науки / сост. А. Т. Москаленко ; ред. А. И. Иванов. М. : Политиздат, 1979. 295 с.

Статьи из сборников

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название сборника статей : вид издания / сведения об ответственности, включающие наименование организации ; сведения о составителях и т. п. – Место издания, год издания. – Страницы начала и конца статьи.

Например:

Киселев М. В., Зайков К. В. Моделирование однослойных тканых структур технического назначения // Инновационное развитие легкой промышленности : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. молодых специалистов и ученых, 16–18 ноября 2016 г. / М-во образования и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. С. 51–54.

Статьи из журналов

Если авторов не более трех, то указывают всех.

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название журнала. – Год издания. – Номер тома (если есть). – Номер выпуска. – Страницы начала и конца статьи.

Если у издания четыре автора, то все их инициалы и фамилии приводят после косой черты. Если авторов пять и более, то указывают фамилии первых трех с добавлением «и др.»

Например:

Безъязычный В. Ф., Михайлов С. В. Кинематический анализ формирования сливной стружки // Вестник машиностроения. 2003. № 11. С. 48–50.

Исследование химического состава волокон льна различных селекционных сортов / А. Н. Иванов, Н. Н. Чернова, А. А. Гурусова, Т. В. Ремизова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1986. № 1. С. 19–21.

Статьи из газет

Фамилия и инициалы автора. Название статьи // Название газеты. – Год издания. – Номер или дата выпуска.

Например:

Райцын Н. С. В окопах торговых войн // Деловой мир. 1993. 7 окт.

Справочные издания, энциклопедии, словари

Название : вид издания / сведения о составителях; редакторах и т. п. – Номер переиздания (если есть). – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

Например:

Прядение льна и химических волокон : справочник / под ред. Л. Б. Карякина и Л. Н. Гинзбурга. М. : Легпромбытиздат, 1991. 544 с.

Статьи из энциклопедий, словарей

Фамилия и инициалы автора. Название главы, статьи (или другой составной части издания) // Название издания / сведения о составителях и т. п. – Место издания : Издательство, год издания. – Том (если есть). – Страницы начала и конца главы, статьи.

Например:

Дойников А. С. Цветовая температура // Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. М. : Большая российская энциклопедия, 1999. Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость. С. 691–692.

Диссертации

Фамилия и инициалы автора. Название диссертации : дис. ... канд. (д-ра) отрасли науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

Например:

Киселева М. В. Моделирование гибкости и прочности льняного волокна для прогнозирования его прядильной способности : дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2002. 267 с.

Авторефераты диссертаций

Фамилия и инициалы автора. Название автореферата диссертации : автореф. дис. ... канд. (д-ра) отрасли науки. – Место издания, год издания. – Количество страниц.

Например:

Сюй Цзэпин. Воздействие интенсивного излучения мягкого рентгеновского диапазона на полимер : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 2002. 16 с.

Патентные документы

Патент (заявка, авторское свидетельство), № документа, страна. Название патента : № заявки : сведения о дате заявки : сведения о дате опубликования / Автор. – Количество страниц.

Например:

Патент РФ № 164083 Российская Федерация, С21D 1/00. Устройство электролитного нагрева металлических изделий : № 2015152006/02 : заявл. 03.12.2015 : опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23 / Белкин П. Н., Кусманов С. А., Смирнов А. А. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной университет имени Н. А. Некрасова». 2 с.

А. с. СССР 870486, МКИ С23с 9/00. Способ химико-термической обработки изделий из металлов и сплавов : № 28753449 : заявл. 28.01.80 : опубл. 07.10.81, Бюл. № 37 / А. К. Товарков, В. Н. Дураджи ; заявитель и патентообладатель Институт прикладной физики АН Молдавской ССР. 2 с.

Стандарты

ГОСТ XXXX–год. Название. – Дата введения. – Место издания : Издательство, год издания. – Количество страниц.

Например:

ГОСТ 6309–93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия. – Введ. 1996–01–01. М. : Изд-во стандартов, 1995. 24 с.

Материалы из сети Интернет

Автор. Название материала (учебника, статьи и т. п.) : вид издания. – URL: электронный адрес сетевого ресурса (http) (сведения о дате обращения: число, месяц, год).

Например:

Сергеев Е. Ю. Вспомогательные (прикладные) дисциплины. Фотодело : учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. ун-т сервиса и экономики, 2010. URL: <https://www.litres.ru/sergeev-evgeniy-urevich/vspomogatelnye-prikladnye-discipliny-fotodelo> (дата обращения: 05.09.2017).

Рудовский П. Н., Соркин А. П., Смирнова С. Г. Проблемы технологии формирования ровницы для получения пряжи пониженной линейной прочности из льна // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2010. № 2. URL: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2010-2-6.pdf> (дата обращения: 02.10.2017).

Приказ Минфина РФ от 30.03.2001 № 26н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету „Учет основных средств“» ПБУ 6/01» : в ред. от 27.11.2006 // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.10.2017).

Концепция национальной безопасности РФ : утв. Указом Президента РФ от 17 декабря 1997 г. № 1300 : в ред. Указа Президента РФ от 10 января 2000 г. № 24. URL: http://oficery.ru/2008/01/31/jncsercija_nacionalnoj_bezopasnosti_rf.html (дата обращения: 02.10.2017).

Global Fund Management & Administration PLC : официальный сайт компании. URL: <http://www.globalfund.ru> (дата обращения: 8.09.2017).

Отрасль в цифрах // ИА REGNUM : официальный сайт. URL: www.regnum.ru/news/777704.html (дата обращения: 02.10.2017).

Архивные материалы

Основное заглавие документа // Название архивохранилища. – Номер фонда, описи, порядковый номер дела по описи и т. д. Название фонда (можно не указывать). – Местоположение объекта ссылки в документе (номера листов дела).

Например:

Фомин А. Г. Материалы по русской библиографии // РО ИРЛИ. Ф. 568. Оп. 1. Д. 1. Л. 212.

Рекомендации по транслитерации

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

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 ее 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. p. 211–216.
- 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 курсивом;
- 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.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2021 – № 1(51)

АПРЕЛЬ

Рецензируемый периодический научный журнал

Учредитель и издатель:

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Костромской государственной 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)
Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-75262 от 7.03.2019 г.*

16+

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

Издательско-полиграфический отдел
Костромского государственного университета

Подписано в печать 5.04.2021. Дата выхода в свет 29.04.2021. Формат бумаги 60×90 1/8.
Печать трафаретная. Печ. л. 8,0. Заказ 54. Тираж 500.
Цена свободная.

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

Отпечатано ИПО КГУ
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17
Т. 49-80-84. E-mail: rio@kstu.edu.ru

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