



ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

2 0 2 2

№ 1(55)

АПРЕЛЬ

TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

2 0 2 2

№ 1(55)

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 СМИРНОВА
кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственной университет

Ответственный редактор

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

СЕРГЕЙ ИЛЬИЧ ГАЛАНИН

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ГРЕЧУХИН

доктор технических наук, доцент,
Костромской государственной университет

ЛЮДМИЛА ЮРЬЕВНА КИПРИНА

кандидат технических наук, доцент,
Костромской государственной университет

МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ КИСЕЛЕВ

доктор технических наук, доцент,
Костромской государственной университет

ЖАННА ЮРЬЕВНА КОЙТОВА

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

МИХАИЛ ОЛЕГОВИЧ КОЛБАНЕВ

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

АНДРЕЙ РОСТИСЛАВОВИЧ КОРАБЕЛЬНИКОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ МАТРОХИН

доктор технических наук, профессор,
Ивановский государственный политехнический университет

СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ПАЛОЧКИН

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

НАДЕЖДА АНАТОЛЬЕВНА СМИРНОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

ГАЛИНА ГЕОРГИЕВНА СОКОВА

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ СТАРОВЕРОВ

доктор технических наук, профессор,
Костромской государственной университет

ЕВГЕНИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СУРЖЕНКО

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

ВЕЙЛИН СЮ

профессор, Уханьский текстильный университет (КНР)

САЛОХИДДИН ЗУНУНОВИЧ ЮНУСОВ

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

EDITORIAL BOARD STAFF:

Editor-in-chief

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

Executive Secretary

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

SERGEY ILICH GALANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

ALEXANDER PAVLOVICH GRECHUKHIN

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Kostroma State University

LYUDMILA YURIEVNA KIPRINA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kostroma State University

MIKHAIL VLADIMIROVICH KISELEV

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Kostroma State University

ZHANNA YURIEVNA KOYTOVA

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

MIKHAIL OLEGOVICH KOLBANEV

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

ANDREY ROSTISLAVOVICH KORABELNIKOV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

ALEKSEY YURIEVICH MATROHIN

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Ivanovo State Polytechnic University

SERGEY VLADIMIROVICH PALOCHKIN

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

NADEZHDA ANATOLEVNA SMIRNOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

GALINA GEORGIYEVNA SOKOVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

BORIS ALEKSANDROVICH STAROVEROV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University

EVGENIJ YAKOVLEVICH SURZHENKO

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

WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University (China)

SALOHIDDIN ZUNUNOVICH YUNUSOV

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Харапудько Ю. В., Тимошина Ю. А.,
Вознесенский Э. Ф.**
Анализ структурных изменений модифицированных
полиэтиленовых пленок методом дифференциальной
сканирующей калориметрии

**Пашин Е. Л., Орлов А. В.,
Кудряшова Т. А.**
Обоснование условий унификации групп цвета
льна при стандартизации тресты и трепаного
волокна

**Матрохин А. Ю., Власова Е. Н.,
Михайлова Л. В.**
Оценка показателей конкурентоспособности
маркетплейсов по реализации ассортимента
трикотажных изделий

ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

**Муродов О. Ж., Рудовский П. Н.,
Корабельников А. Р.**
Определение собственных частот
и форм свободных колебаний колосниковой
решетки очистителя хлопка-сырца

Яминзода (Яминова) З. А.
Изучение свойств поверхностно-активных веществ,
определяющих эффективность крашения
и промывки текстильных материалов

Севостьянов П. А., Сокова Г. Г.
Статистические особенности трения волокон
в одномерном волокнистом продукте

ДИЗАЙН

**Лебедева Т. В., Галанин С. И.,
Трошина О. А., Ершов С. Н.**
Исследование гравирования различных металлов
и сплавов, используемых в ювелирном производстве

**Карасёв Л. С., Шорохов С. А.,
Кротов А. В., Гамаянов С. А.**
Особенности деформации моделей,
полученных технологией FDM-печати
из различных полимеров

MATERIAL SCIENCE IN THE FIELD OF TEXTILE WORKS AND LIGHT INDUSTRY

**5 Kharapudko Yu. V., Timoshina Yu. A.,
Voznesensky E. F. 5**
Analysis of structural changes
of modified polyethylene films
by differential scanning calorimetry

**12 Pashin E. L., Orlov A. V.,
Kudryashova T. A. 12**
Substantiation of unified method of flax colour
classification in regard to standardisation of
retched flax straw and scutched flax fibre

**19 Matrokhin A. Yu., Vlasova E. N.,
Mikhailova L. V. 19**
Assessment of marketplace competitiveness
indicators for the sale of knitted goods

TECHNOLOGY AND PRIMARY PROCESSING OF TEXTILE FABRICS AND RAW MATERIALS

**24 Murodov O. Zh. , Rudovsky P. N.,
Korabelnikov A. R. 24**
Determination of natural frequencies
and forms of free vibrations of the grate
of the raw cotton cleaner

29 Yaminzoda (Yaminova) Z. A. 29
Study of the properties of surface-active
substances determining the efficiency
of dyeing and rinsing of textile materials

35 Sevostyanov P. A., Sokova G. G. 35
Statistical features of fibre friction
in a one-dimensional fibrous product

DESIGN

**40 Lebedeva T. V., Galanin S. I.,
Troshina O. A., Ershov S. N. 40**
Research of engraving of various metals
and alloys, used in jewellery production

**48 Karasev L. S., Shorohov S. A.,
Krotov A. V., Gamayanov S. A. 48**
Peculiarities of deformation of models
obtained by FDM-printing technology
from different polymers

Максимова-Анохина Е. Н. Понимание формы и приемы ее анализа при обучении дизайнеров ювелирных изделий	53	Maksimova-Anokhina E. N. Understanding the form and techniques of its analysis when teaching jewellery designers	53
Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии	59	Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery	59
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ	65	REQUIREMENTS TO REGISTRATION OF ARTICLE	65

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 533.924: 677.494

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-5-11

Юрий Владимирович Харапудько¹

Юлия Александровна Тимошина²

Эмиль Фаатович Вознесенский³

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

¹harapudko2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3654-1787>

²ybuki@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4684-1510>

³howrip@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7493-1471>

АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния высокочастотной емкостной (ВЧЕ) плазменной модификации на изменение структуры полиэтиленовых (ПЭ) пленок. Для анализа структурных изменений методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) определены температура и удельная теплота плавления, а также температура стеклования образцов ПЭ-пленок до и после ВЧЕ плазменной модификации в плазмообразующих газах аргоне и воздухе. Подобрана температурная программа, позволяющая определить температуру стеклования, которая может служить качественной характеристикой структурных изменений в макромолекулах полимера. Показано, что у модифицированных образцов происходит повышение температуры стеклования, при этом максимальный эффект наблюдается для образцов, модифицированных в ВЧЕ плазме воздуха, что может быть связано с образованием функциональных групп, кратных связей и сшивок, что способствует снижению молекулярной подвижности и затруднению конформационных переходов в макромолекулах ПЭ.

Ключевые слова: полимерная пленка, полиэтилен, структура полимера, плазменная модификация, высокочастотный разряд пониженного давления, дифференциальная сканирующая калориметрия, температура стеклования

Для цитирования: Харапудько Ю. В., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф. Анализ структурных изменений модифицированных полиэтиленовых пленок методом дифференциальной сканирующей калориметрии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 5–11. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-5-11>.

Original article

Yuriy V. Kharapudko¹

Yulia A. Timoshina²

Emil F. Voznesensky³

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

ANALYSIS OF STRUCTURAL CHANGES OF MODIFIED POLYETHYLENE FILMS BY DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY

Abstract. The article presents the results of studies of the effect of high-frequency capacitive (HF) plasma modification on the change in the structure of polyethylene (PE) films. To analyse structural changes by differential scanning calorimetry (DSC), the temperature and specific heat of melting, as well as the glass transition temperature of PE film samples before and after plasma modification in plasma-forming gases argon

© Харапудько Ю. В., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., 2022

and air were determined. A temperature programme has been selected to determine the glass transition temperature, which can serve as a qualitative characteristic of structural changes in polymer macromolecules. It is shown that the modified samples have an increase in the glass transition temperature, while the maximum effect is observed for samples modified in the HE plasma of air, which may be due to the formation of functional groups, multiple bonds and crosslinking, which contributes to a decrease in molecular mobility and difficulty of conformational transitions in PE macromolecules.

Keywords: polymer film, polyethylene, polymer structure, plasma modification, low-pressure high-frequency discharge, differential scanning calorimetry, glass transition temperature

For citation: Kharapudko Yu. V., Timoshina Yu. A., Voznesensky E. F. Analysis of structural changes of modified polyethylene films by differential scanning calorimetry. *Technologies & Quality*. 2022. No 1(55). P. 5–11 (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-5-11>.

Введение. В настоящее время полимерные пленки и синтетические волокна широко используются во многих сферах промышленности для производства многофункциональных текстильных материалов, обладающих различными свойствами [1]. При этом для их получения одними из наиболее распространенных полимеров являются полиолефины, характеризующиеся химической стойкостью, доступностью сырьевой базы и низкой стоимостью [2]. Для успешного применения полимерных пленок и синтетических волокон в составе многофункциональных материалов актуально регулирование их физических и физико-химических свойств, таких как шероховатость, смачиваемость поверхности, адгезионная способность, термостойкость, термоусадка и др. [3].

Для регулирования свойств материалов на основе полиолефинов используются процессы модификации их поверхности с применением различных видов излучений, в том числе высокоэнергетическими протонами, ионами; при этом получаемые эффекты зависят от вида излучения и параметров модификации [4]. Достаточно широко исследованы процессы модификации полимерных материалов в плазме инертных и реакционноспособных газов [5–14]. При этом одним из перспективных методов модификации полимерных материалов является применение плазмы высокочастотного (ВЧ) разряда пониженного давления, при обработке в которой в результате взаимодействия компонентов плазмы с макромолекулами полимеров происходит изменение структуры и химического состава поверхностного слоя, что оказывает существенное влияние на изменение физико-химических свойств поверхности модифицируемых материалов [9–13].

Для исследования процессов модификации полимерных материалов ВЧ-плазмой пониженного давления особый интерес представляет установление механизмов изменения структуры и состава модифицированного поверхностного

слоя. Хорошо известно [14], что температурные переходы в полимерах чувствительны к изменению их молекулярной структуры. В частности, температура стеклования, может служить качественной характеристикой кинетической гибкости макромолекул полимера и зависит от внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий. На температуру стеклования полимера оказывает влияние движение структурных единиц макромолекул и время релаксации, при этом в качестве структурных единиц, участвующих в данных процессах, могут выступать как отдельные атомы, так и сегменты макромолекул. Процесс стеклования является одним из наиболее сложных явлений среди других релаксационных процессов, происходящих в полимерах, поэтому особое внимание при рассмотрении методов определения температуры стеклования необходимо уделять влиянию условий эксперимента, а именно скорости воздействия на изменение физических или механических свойств полимера [15].

Объекты и методы. В рамках работы исследовано влияние ВЧ плазменной модификации на термические свойства полиэтиленовой (ПЭ) пленки. В качестве объекта исследования выбрана ПЭ-пленка, полученная методом плоскощелевой экструзии, толщиной 40 мкм, плотностью 0,920 г/см³, состоящая на 90 % из ПЭ низкой плотности и 10 % из линейного ПЭ низкой плотности. Для модификации образцов ПЭ-пленки применялась экспериментальная плазменная установка высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления [9]. Параметры ВЧЕ плазменной модификации: мощность разряда 1,4–2,0 кВт; время обработки 3–7 мин; давление в рабочей камере 10–30 Па; расход плазмообразующего газа 0,01–0,04 г/с; в качестве плазмообразующих газов использовали аргон и воздух.

Для установления эффектов ВЧЕ плазменной модификации исследованы термические свойства образцов методом дифференциальной

сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе DSC 204 F1 Phoenix (NETZSCH, Германия). В качестве определяемых физических величин выбраны температура и удельная теплота плавления, а также температура стеклования, которая в отличие от температур плавления и кристаллизации не соответствует фазовому переходу и может использоваться для характеристики кинетических эффектов и структурных изменений [16, 17].

Методика проведения испытаний подобрана в соответствии с ГОСТ Р 55134–2012 (ISO 11357-1:2009) и ГОСТ Р 55135–2012 (ISO 11357-2:1999). Используемая температурная программа представлена на рис. 1.

Результаты и обсуждение. На первом этапе осуществлялась продувка измерительной ячейки газообразным азотом при 25 °С в течение 10 мин для достижения образцом заданной температуры. Для определения температуры

стеклования образца при первом нагреве осуществлялось равномерное охлаждение испытываемого материала до –110 °С смесью жидкого и газообразного азота, при достижении заданной температуры поддерживалась изотерма на протяжении 10 мин с последующим нагревом до 160 °С со скоростью 10 и 20 °С/мин. Второй нагрев осуществлялся согласно заданной программе при тех же скоростях. Масса навески образцов определялась на аналитических весах по разности между пустым и заполненным алюминиевым тиглем в серии из 5 измерений с точностью до 0,1 мг.

Для оценки влияния скорости нагрева на получаемые результаты проведена серия испытаний для контрольного не модифицированного образца ПЭ пленки по температурной программе (см. рис. 1) со скоростью нагрева 10 и 20 °С/мин. Результаты представлены на рис. 2.

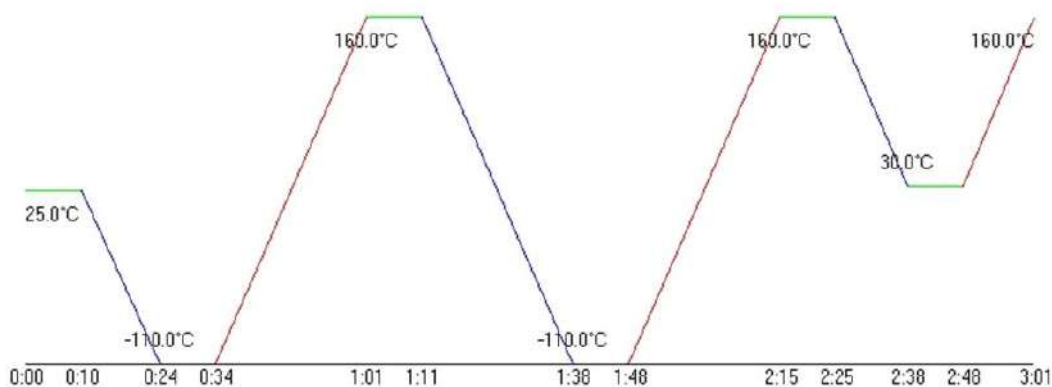


Рис. 1. Температурная программа проведения испытания

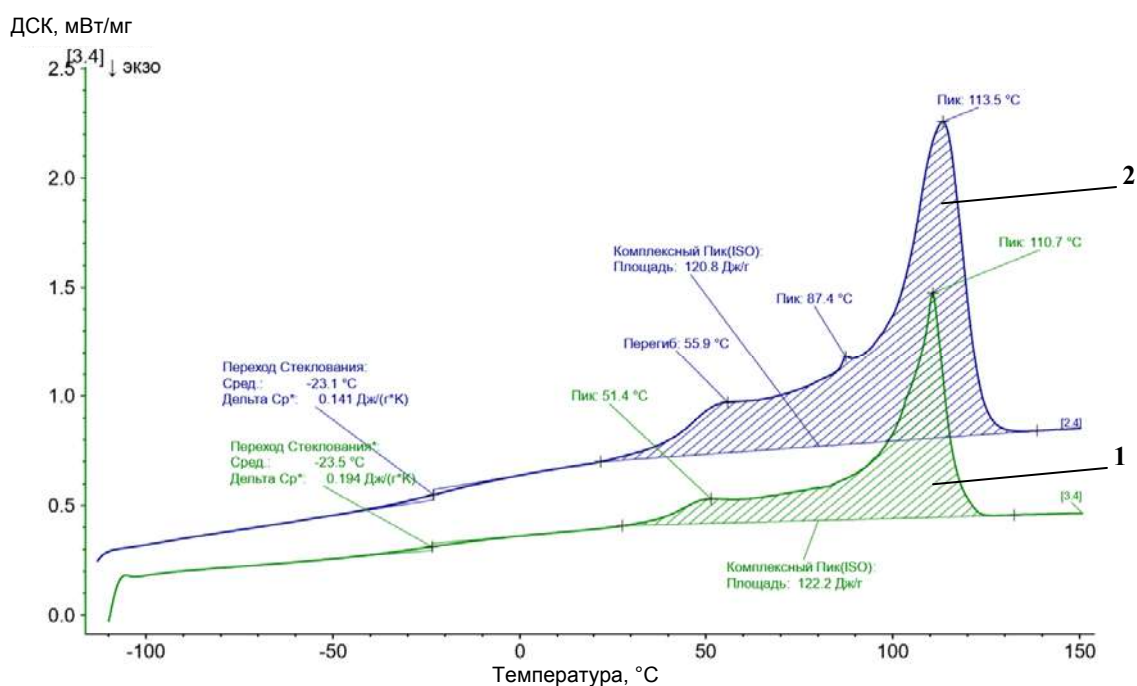


Рис. 2. Результаты ДСК образцов ПЭ-пленки при скорости нагрева 10 °С/мин (1) и 20 °С/мин (2)

Анализ полученных результатов (см. рис. 2) показал, что значительных отличий в значениях температуры стеклования, плавления и удельной теплоте плавления не наблюдается, но при скорости нагрева 10 °С/мин на ДСК кривых перегибы наиболее выражены, что может быть использовано для получения наиболее детальной информации о структурных изменениях исследуемых образцов. Кроме того, известно, что измерение температуры стеклования со скоростями нагрева пре-

вышающими 10 °С/мин может приводить к увеличению времени релаксации структурных единиц полимера и получению некорректных результатов [18], поэтому для последующих испытаний выбрана скорость нагрева 10 °С/мин.

Результаты ДСК для образцов ПЭ-пленки до и после модификации в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления в плазмообразующих газах аргоне и воздухе представлены на рис. 3, 4 и в таблице.

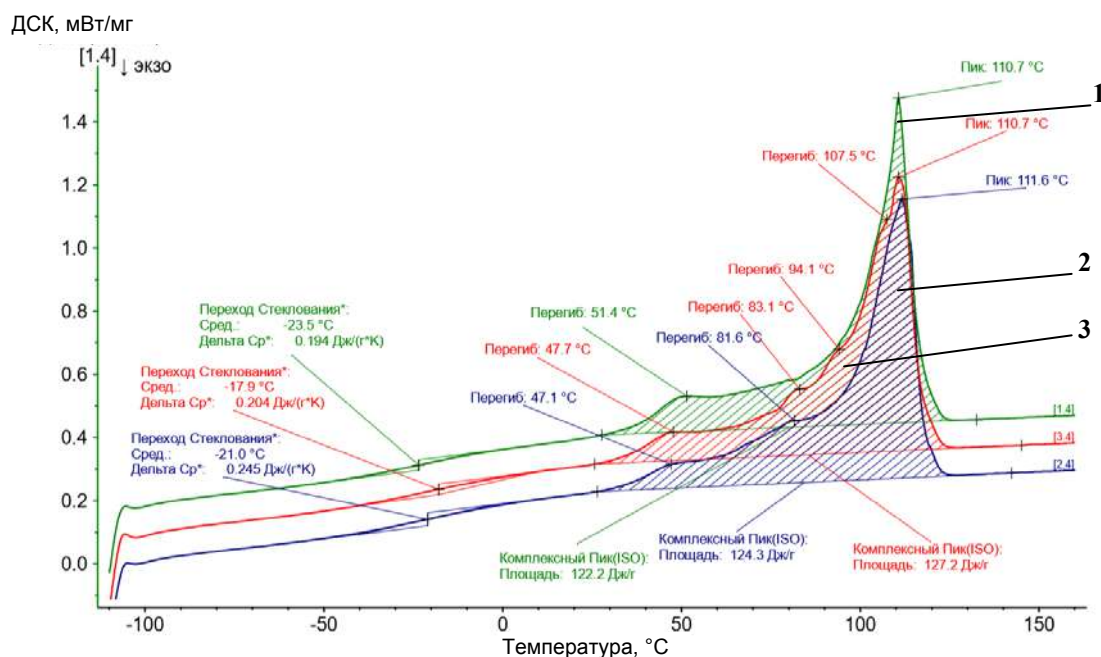


Рис. 3. Результаты ДСК первого нагрева для образцов ПЭ-пленки до (1) и после модификации в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления в плазмообразующих газах аргоне (2) и воздухе (3)

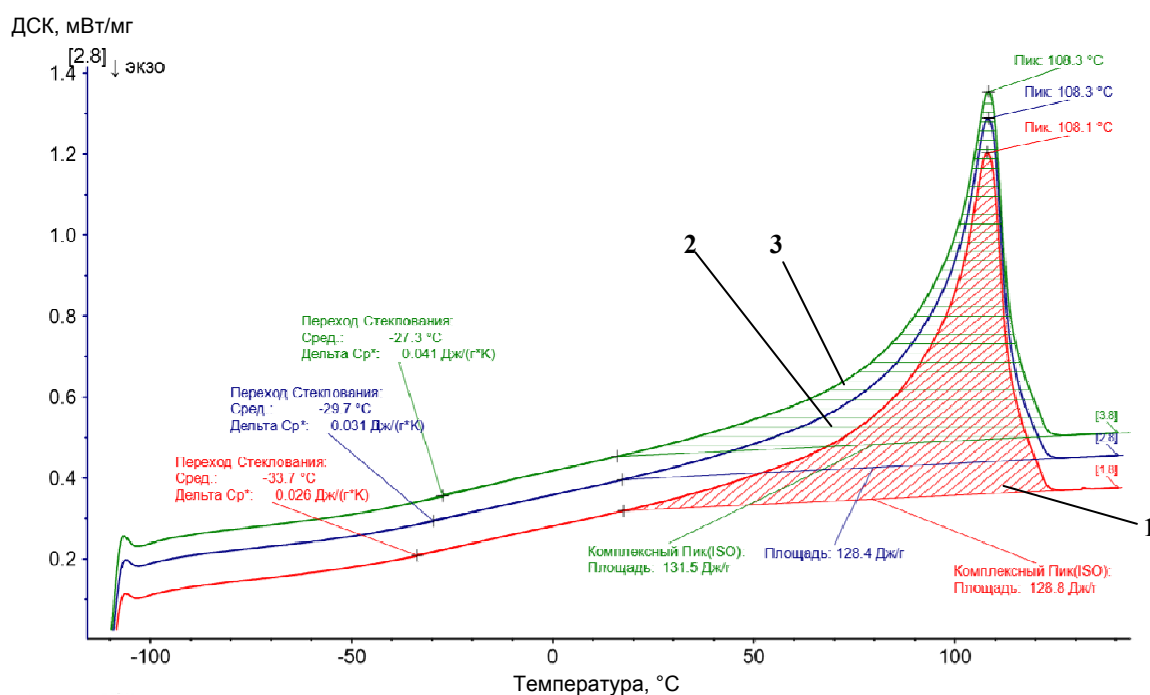


Рис. 4. Результаты ДСК второго нагрева для образцов ПЭ-пленки до (1) и после модификации в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления в плазмообразующих газах аргоне (2) и воздухе (3)

Т а б л и ц а

Результаты ДСК для образцов ПЭ-пленки до и после модификации в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления

Параметр	Образец		
	исходный	модифицированный в плазме аргона	модифицированный в плазме воздуха
1-й нагрев			
Температура стеклования, °С	-23,5	-21,0	-17,9
Температура плавления, °С	110,7	111,6	110,7
Удельная теплота плавления, Дж/г	122,2	124,3	127,2
2-й нагрев			
Температура стеклования, °С	-33,7	-29,7	-27,3
Температура плавления, °С	108,1	108,3	108,3
Удельная теплота плавления, Дж/г	128,8	128,4	131,5

По результатам ДСК можно сделать вывод, что для образцов ПЭ-пленки, модифицированных ВЧЕ-плазмой пониженного давления, значительных изменений в структуре всего объема полимера не происходит, о чем свидетельствуют схожий характер кривых и значения температур плавления исходных и модифицированных образцов при втором нагреве (см. рис. 4, табл.).

При первом нагреве характер кривых ДСК для образцов до и после ВЧЕ плазменной модификации имеет отличия (см. рис. 3). Для модифицированных образцов наблюдается появление дополнительных перегибов в диапазоне температур от 81 до 95 °С, что может являться свидетельством структурных изменений поверхностного слоя образцов ПЭ-пленки в результате ВЧЕ плазменной обработки. Также для модифицированных образцов наблюдается повышение значений удельной теплоты плавления, что может быть вызвано образованием на поверхности ПЭ-пленки термостабильных функциональных групп, кратных связей и сшивок [19].

Для анализа структурных изменений наибольший интерес представляет изменение температуры стеклования исследуемых образцов. По полученным результатам можно сделать вывод, что для образцов, модифицированных

в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления, температура стеклования по сравнению с исходным образцом повышается на 2,5...6,4 °С, при этом максимальный эффект наблюдается для образцов, модифицированных в ВЧЕ-плазме воздуха (см. табл.). Это может быть связано с тем, что при взаимодействии компонентов плазмы с ПЭ-пленкой на ее поверхности происходит разрыв ковалентных связей с образованием функциональных групп, кратных связей и сшивок, что способствует разветвлению структуры полимера, увеличению межмолекулярных взаимодействий, снижению молекулярной подвижности и затруднению конформационных переходов в макромолекулах при нагревании образца. Данное предположение согласуется с литературными данными, свидетельствующими, что повышение температуры стеклования наблюдается при наличии в структуре полимера полярных функциональных групп и межмолекулярных сшивок [20], и нуждается в подтверждении методами рентгеноструктурного анализа и инфракрасной спектроскопии, так как определяющее влияние на молекулярную подвижность полимера оказывает его химический состав, молекулярная структура и степень кристалличности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Thirtha V., Lehman R., Nosker T. Morphological effects on glass transition behavior in selected immiscible blends of amorphous and semicrystalline polymers // *Polymer*. 2006. Vol. 47, No 15. P. 5392–5401.
2. Thermal properties and degradation characteristics of polylactide, linear low density polyethylene, and their blends / S. Gursewak, B. Haripada, A. Rajor, V. Choudhary // *Polymer Bulletin*. 2011. Vol. 66, No 11. P. 939–953.
3. Surface Properties of Low Density Polyethylene upon Low-Temperature Plasma Treatment with Various Gases / M. Ataefard, S. Moradian, A. Rajor, M. Mirabedini, M. Ebrahimi, S. Asiaban // *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2008. Vol. 28, No 3. P. 377–390.
4. Влияние ускоренных протонов на поверхностные свойства полиэтилена / С. Р. Аллаяров, Г. П. Белов, О. Н. Голодков, И. Ф. Шаймухаметова, С. А. Богданова, Д. А. Диксон // *Химия высоких энергий*. 2018. Т. 52, № 4. С. 273–281.
5. Гильман А. Б. Воздействие низкотемпературной плазмы как эффективный метод модификации поверхности полимерных материалов // *Химия высоких энергий*. 2003. Т. 37, № 1. С. 20–26.

6. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы / А. М. Кутепов, А. Г. Захаров, А. И. Максимов, В. А. Титов // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 1. С. 103–115.
7. Sharnina L. V. Low-temperature plasma as the basis for creation of modern textile chemical technologies // *Fibre Chemistry*. 2004. Vol. 36, No 6. P. 431–436.
8. Максимов А. И., Никифоров А. Ю. Сопоставление возможностей плазменного и плазменно-растворного модифицирования полимерных материалов в жидкой фазе // *Химия высоких энергий*. 2007. Т. 41, № 6. С. 513–519.
9. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления : монография / И. Ш. Абдуллин, В. С. Желтухин, И. Р. Сагбиев, М. Ф. Шаехов. Казань : КГТУ, 2007. 356 с.
10. Модификация синтетических волокнистых материалов и изделий неравновесной низкотемпературной плазмой. Свойства, структура, технологии / Е. А. Сергеева, Н. В. Корнеева, Л. А. Зенитова, И. Ш. Абдуллин. Казань : КГТУ. 2011. 255 с.
11. Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., Желтухин В. С. Математическая модель взаимодействия низкоэнергетических ионов инертного газа с полипропиленом в высокочастотной плазме емкостного разряда пониженного давления // *Технологии и качество*. 2021. № 3(53). С. 18–23.
12. Азанова А. А. Плазменная модификация трикотажных полотен // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2013. № 2(27). С. 86–88.
13. Изучение влияния плазмообразующего газа на структуру текстильных волокон / Д. И. Фазылова, Л. А. Зенитова, Е. М. Штейнберг, И. Ш. Абдуллин // *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. № 16. С. 52–57.
14. Шутилин Ю. Ф. Температурные переходы в эластомерах. М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1984. 66 с.
15. Ростиашвили В. Г., Иржак В. И., Розенберг Б. А. Стеклование полимеров. Л. : Химия, 1987. 188 с.
16. Hutchinson J. M. Determination of the glass transition temperature: methods correlation and structural heterogeneity // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2009. Vol. 98, No 3. P. 579–589.
17. Rieger. J. The glass transition temperature T_g of polymers – Comparison of the values from differential thermal analysis (DTA, DSC) and dynamic mechanical measurements (torsion pendulum) // *Polymer Testing*. 2001. Vol. 20, No 2. P. 199–204.
18. Obata I., Chirao T., Masaru I. Bulk Properties of syndiotactic 1,2-Polybutadiene // *Polymer Journal*. – 1975. – Vol. 7, No 2. P. 207–216.
19. Тимошина Ю. А. Влияние молекулярного строения волокнообразующих полимеров на эффекты ВЧ плазменной модификации синтетических волокон // *Известия вузов. Технология легкой промышленности*. 2020. № 4. С. 51–54.
20. Li R. Time-temperature superposition method for glass transition temperature of plastic materials // *Materials Science and Engineering*. 2000. Vol. 278, №, No 1. P. 36–45.

REFERENCES

1. Thirtha V., Lehman R., Nosker T. Morphological effects on glass transition behavior in selected immiscible blends of amorphous and semicrystalline polymers. *Polymer*. 2006;47,15:5392–5401.
2. Gursewak S., Haripada B., Rajor A., Choudhary V. Thermal properties and degradation characteristics of polylactide, linear low density polyethylene, and their blends. *Polymer Bulletin*. 2011;66,11:939–953.
3. Ataefard M., Moradian S., Rajor A., Mirabedini M., Ebrahimi M., Asiaban S. Surface Properties of Low Density Polyethylene upon Low-Temperature Plasma Treatment with Various Gases. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2008;28,3:377–390.
4. Allayarov S. R., Belov G. P., Golodkov O. N., Shaimukhametova I. F., Bogdanova S. A., Dixon D. A. Effect of accelerated protons on the surface properties of polyethylene. *Himiya vysokih energij* [Chemistry of high energies]. 2018;52,4:273–281. (in Russ.)
5. Gilman A. B. Low-temperature plasma treatment as an effective method for surface modification of polymeric materials. *Himiya vysokih energij* [High Energy Chemistry]. 2003;37,1:17–23. (in Russ.)
6. Kutepov A. M., Zakharov A. G., Maksimov A. I., Titov V. A. Plasma modification of textile materials: prospects and problems. *Rossiiskij himicheskij zhurnal* [Russian Chemical Journal]. 2002;46,1:103–115. (in Russ.)
7. Sharnina L. V. Low-temperature plasma as the basis for creation of modern textile chemical technologies. *Fibre Chemistry*. 2004;36,6:431–436. (in Russ.)

8. Maksimov A. I. Nikiforov A. Yu. Low-temperature plasma treatment as an effective method for surface modification of polymeric materials. *Himiya vysokih energij* [High Energy Chemistry]. 2007;41,6:513–519. (in Russ.)
9. Abdullin I. S., Zheltukhin V. S., Sagbiev I. R., Shaekhov M. F. Modification of nanolayers in low-pressure high-frequency plasma. Kazan, KSTU, 2007. 356 p. (in Russ.)
10. Sergeeva E. A., Korneeva N. V., Zenitova L. A., Abdullin I. S. Modification of synthetic fibrous materials and products by nonequilibrium low-temperature plasma. Properties, structure, technologies. Kazan, KSTU, 2011. 255 p. (in Russ.)
11. Timoshina Y. A., Voznesensky E. F., Zheltukhin V. S. Mathematical model of the interaction of low-energy inert gas ions with polypropylene in radio-frequency plasma of low pressure. *Technologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):18–23. (In Russ.)
12. Azanova A. A. Plasma modification of knitted fabrics. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2013;2(27):86–88. (in Russ.)
13. Fazylova D. I., Zenitova L. A., Steinberg E. M., Abdullin I. S. Studying the effect of plasma-forming gas on the structure of textile fibers. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2011;16:52–57. (in Russ.)
14. Shutilin J. F. The Temperature transitions in elastomers. Moscow, TSNIIteneftkhim, 1984. 66 p. (in Russ.)
15. Rostiashvili V. G., Irzhak V. I., Rosenberg B. A. Glass Transition of polymers. Leningrad, Khimiya, 1987. 188 p.. (in Russ.)
16. Hutchinson J. M. Determination of the glass transition temperature: methods correlation and structural heterogeneity. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2009;98,3:579–589.
17. Rieger J. The glass transition temperature T_g of polymers – Comparison of the values from differential thermal analysis (DTA, DSC) and dynamic mechanical measurements (torsion pendulum). *Polymer Testing*. 2001;20,2:199–204.
18. Obata I., Chirao T., Masaru I. Bulk Properties of syndiotactic 1,2-Polybutadiene. *Polymer Journal*. 1975;7,2:207–216.
19. Timoshina Y. A. Influence of the molecular structure of fiber-forming polymers on the effects of high-frequency plasma modification of synthetic fibers. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2020;4:51–54. (In Russ.)
20. Li R. Time-temperature superposition method for glass transition temperature of plastic materials. *Materials Science and Engineering*. 2000;278,1:36–45.

Статья поступила в редакцию 18.01.2022

Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 677.021; 535.6.08

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-12-18

Евгений Львович Пашин¹

Александр Валерьевич Орлов²

Тамара Александровна Кудряшова³

¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кострома, Россия

²Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

³Федеральный научный центр по лубяным культурам, г. Торжок, Россия

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

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

³vniil.sekretar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-7847>

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ УНИФИКАЦИИ ГРУПП ЦВЕТА ЛЬНА ПРИ СТАНДАРТИЗАЦИИ ТРЕСТЫ И ТРЕПАНОГО ВОЛОКНА

Аннотация. В статье рассматривается текущая ситуация со стандартизацией и квалиметрией лубяных культур и получаемых из них материалов, в частности, их цветовых характеристик. Рассматриваются существующие противоречия в стандартах, а также исторические предпосылки возникновения этих противоречий. Авторы предлагают унифицировать методики классификации цвета с целью устранения возможных разногласий при сдаче-приёмке лубоволокнистого сырья, в частности льняной тресты и льноволокна. Производится обоснование количества и состава групп цвета, базирующееся на проведении кластерного анализа по среднему и вариации 6 цветовых составляющих в системах цвета RGB и HSV. На основании проведенного анализа предлагается классифицировать льносырье по цвету на три либо на четыре группы. Производится сопоставление этих групп и существующих цветовых эталонов для льнотресты и льноволокна.

Ключевые слова: цвет, лен, треста, волокно, группа цвета, эталон, квалиметрия

Для цитирования: Пашин Е. Л., Орлов А. В., Кудряшова Т. А. Обоснование условий унификации групп цвета льна при стандартизации тресты и трепаного волокна // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 12–18. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-12-18>.

Original article

Evgeniy L. Pashin¹

Aleksander V. Orlov²

Tamara A. Kudryashova³

¹Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

²Kostroma State University, Kostroma, Russia

³Federal Scientific Center of Bast Cultures, Torzhok, Russia

SUBSTANTIATION OF UNIFIED METHOD OF FLAX COLOUR CLASSIFICATION IN REGARD TO STANDARDISATION OF RETCHED FLAX STRAW AND SCUTCHED FLAX FIBRE

Abstract. Article considers the current situation regarding standardization and qualimetry of bast cultures and related materials – in particular, the color properties. Existing contradictions are analysed, along with the likely causes of those. Article suggests unification of classification methods for color properties of flax straw and flax fibre in order to resolve the conflict of interests between raw material producers and manufactures. Authors suggest and substantiate a method of classification based on cluster analysis of distribution of colour components using RGB and HSV colour systems. It is recommended to classify flax straw and flax fibre into three or four colour categories, which are mapped to existing color categories for respective materials.

Keywords: colour, flax, retched straw, fibre, colour group, sample, qualimetry

For citation: Pashin E. L., Orlov A. V., Kudryashova T. A. Substantiation of unified method of flax colour classification in regard to standardisation of retched flax straw and scutched flax fibre. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 12–18 (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-12-18>.

© Пашин Е. Л., Орлов А. В., Кудряшова Т. А., 2022

В настоящее время имеются различия в системах определения групп цвета льноволокна, используемых при стандартизации тресты (по ГОСТ 24283–89) и трепаного волокна (по ГОСТ 10330–76). Согласно указанным стандартам анализируют волокно, получаемое путем промина стеблей и трепания сырца. При оценке качества тресты цвет определяется по четырем группам, а для трепаного волокна по шести. При таком положении сложно объяснить, как формируются большее количество групп цвета у трепаного волокна, получаемого из тресты, когда из этой же тресты, но при использовании другого стандарта, волокно оценивают по четырем группам. Данное несоответствие является причиной разногласий, возникающих при сдаче-приемке, что вызывает необходимость унификации систем цветометрии упомянутых льноматериалов.

Органолептическое определение цвета льна, как быстро реализуемая оценка, проводилось до середины прошлого века в связи с отсутствием инструментальных способов контроля качества [1]. В то время основным критерием технологической ценности являлся результат, получаемый посредством контрольного прочеса трепаного волокна с применением текстильного оборудования – чесальной машины. Однако, по мнению специалистов ЦНИИ промышленности лубяных волокон [2], такой вариант контроля из-за его сложности не мог повсеместно использоваться в условиях льнозаводов и заготовительных организаций. Поэтому для контроля качества применяли малоэффективную органолептическую оценку, выполнявшуюся путем сличения анализируемого волокна по внешнему виду с эталонными образцами.

В послевоенный период были разработаны инструментальные методы квалиметрии льна по совокупности его физико-механических свойств. На их основе были внедрены стандарты с использованием одновременно органолептической и инструментальной оценок. Вторая из них основывалась на контрольном прочесе и, как правило, применялась в качестве арбитражной. Однако единства при создании систем оценки качества стеблевой и волокнистой льнопродукции не было из-за ведомственных интересов (МСХ СССР и Минлегпром СССР). Такое положение дел и явилось причиной существующих до настоящего времени различий по числу и принципам формирования групп цвета при квалиметрии льняной тресты и трепаного волокна.

В условиях агропромышленной интеграции возникает необходимость совершенствова-

ния цветометрии льняного волокна, принимая во внимание, что исходным продуктом для выработки трепаного волокна является треста. В этом случае невозможно получение групп цвета, отличных от цвета волокна, получаемого из тресты. Такой подход явился базой для унификации групп волокна по их цвету, в том числе с учетом используемых на практике иностранных систем контроля цвета льна с применением колориметрии [3].

При обосновании количества групп исходили из целесообразности развития существующих разработок по цветометрии льна, с использованием современных технологий анализа цифровых изображений [4–7]. При этом должна обеспечиваться взаимосвязь с существующими цветовыми эталонами волокна.

С учетом указанного для каждого эталонного образца путем сканирования с разрешением 600 dpi были получены их цифровые изображения. Последующий анализ изображений проводили с использованием двух систем цветности RGB и HSV. Выбор этих моделей обусловлен следующим. Модель RGB – это аддитивная цветовая модель, которая в настоящее время является стандартом де-факто для представления цифровых изображений, полученных с помощью сканеров и камер. Применительно к ней для цветовоспроизведения используются три основных цвета: красный, зеленый и синий. Однако следует учесть, что цвет льняного волокна определяется несколькими компонентами: целлюлозой, имеющей светло-серый цвет, соединительными и покровными тканями [8], часто имеющими бурый и желтый оттенок. Поскольку предпочтительным является волокно с минимальным содержанием неволокнистых примесей, важными критериями при оценке цвета являются яркость и степень насыщенности его цвета, то есть насколько далеко они отстоят от серого. Оба этих критерия выражены в модели RGB неявно и требуют для своего вычисления ряда операций над значениями отдельных компонент. В то же время известна цветовая модель HSV, в которой координатами цвета являются тон, насыщенность и яркость. Эта модель предполагает возможность создания алгоритмически более простых систем оценки. Поэтому совместное использование параметров этих систем, по нашему мнению, позволит более эффективно выявлять цветовые особенности видов натуральных объектов с учетом наличия у них затенений и гетерогенности по насыщенности цветовой окраски. Заметим, что целесообразность одновременного применения моделей цвета RGB и HSV при контро-

ле цвета льноволокна подтверждается в литературе [9].

Применительно к выбранным системам предложили использовать совокупность параметров цветности, указанных в таблице: средние значения параметров, обозначенные с индексом **m** и характеристики их изменчивости в виде коэффициентов вариации – с индексом **v**.

Для выявления наиболее связанных с существующими группами цвета параметров исследовали характер их изменения по этим группам. В итоге установили существенные различия в степени их взаимосвязи с группами цвета у обоих видов материала. Были установлены параметры с наибольшими по абсолютной ве-

личине коэффициентами корреляции (рис. 1). Они в таблице обозначены индексом *.

Используя выявленные параметры цветности, решали задачу разделения их совокупности на сравнительно однородные (по степени схожести) группы. При этом элементы из разных групп должны быть максимально различными друг от друга. Такую группировку провели для тресты и трепаного волокна с целью унификации систем классировки по цвету для исследуемых льноматериалов.

Решая эту задачу, использовали кластерный анализ [10] на основе контроля квадрата евклидова расстояния с применением метода полной связи. Реализацию указанного анализа осуществили с использованием ППП “Statistika”.

Т а б л и ц а

Параметры цветности

Номер цветового параметра	Обозначение цветового параметра	Номер цветового параметра, имеющего наибольшую связь с группой цвета
1	2	3
1	Rm	
2	Gm*	2
3	Bm*	3
4	RGBm*	1
5	Rv*	5
6	Gv*	6
7	Bv	
8	RGBv*	4
9	Hm	
10	Sm*	7
11	Vm	
12	HSVm	
13	Hv	9
14	Sv*	8
15	Vv*	
16	HSVv	

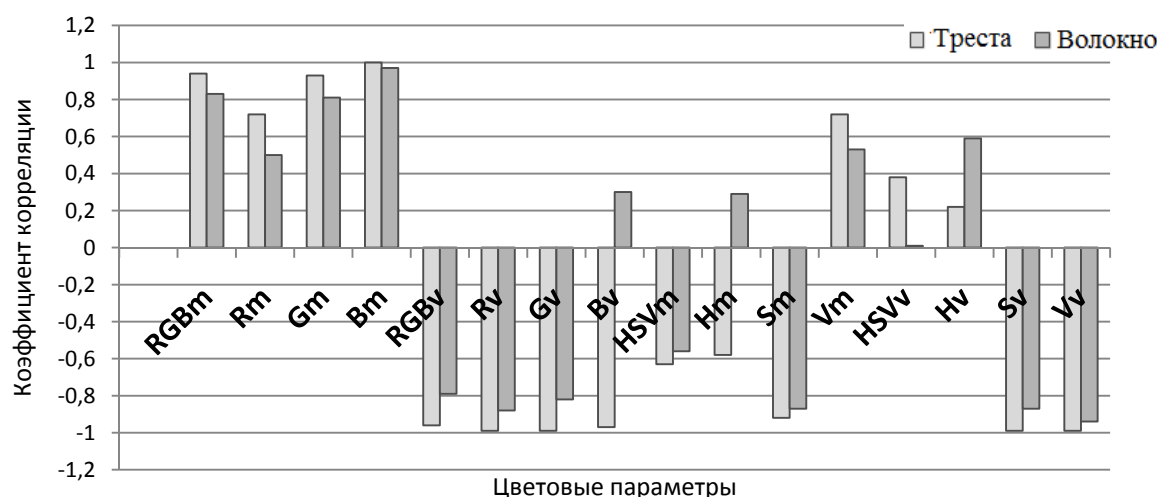


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляции с предложенными для анализа цветовыми параметрами

Для получения более объективного массива исходных данных каждый из эталонных образцов цвета волокна сканировали с разрешением 600 dpi. Полученное цифровое изобрае-

ние делили на 100 фрагментов размером приблизительно 22 000 пикселей каждый. Разделение производили с шагом, не кратным высоте или ширине изображения, чтобы обеспечить

репрезентативность выборки. В итоге анализировали совокупность численностью 2600 выборок, для каждой из которых рассчитывались указанные выше цветовые параметры для выбранных систем цветности.

На первом этапе провели кластерный анализ цветовых параметров эталонных изображений волокна тресты (рис. 2). Его результаты выявили предпочтение в формировании трех укрупненных групп цветности. Имеется также возможность использования четырех групп, но при этом цветовые параметры второй и третьей групп будут иметь схожесть. Это объясняется пониженной величиной квадрата

евклидова расстояния ≈ 500 усл. ед. Полученный вывод согласуется с существующей практикой, когда при органолептическом сличении оцениваемого волокна с эталонным образцом у эксперта возникают сложности с выбором их соответствия.

Второй этап кластеризации был реализован для параметров цветности эталонов трепаного волокна (рис. 3). Его результаты свидетельствуют о доминирующей возможности разделения на две группы цвета, в одну из которых попадают первых три эталонных образца, а во вторую – остальные. Однако из полученной дендограммы следует более дробное деление групп.

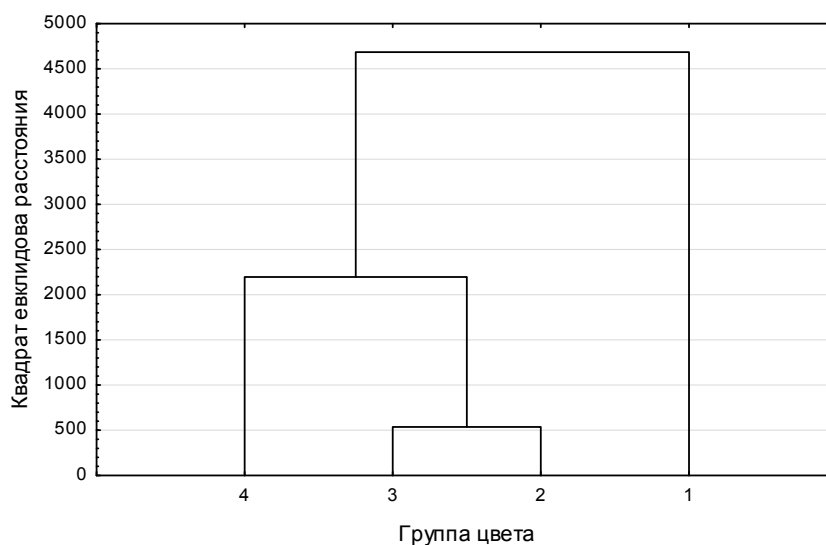


Рис. 2. Схема объединения кластеров для групп цвета волокна по ГОСТ 24383–89

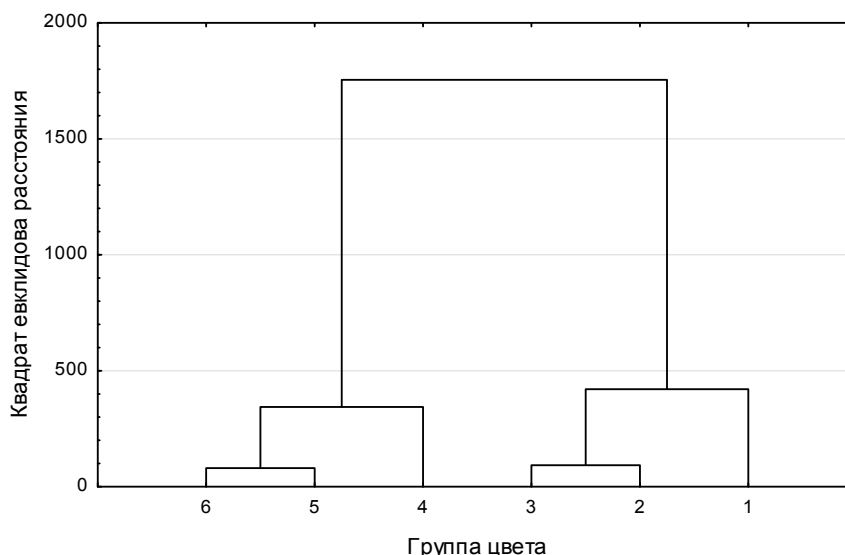


Рис. 3. Схема объединения кластеров для групп цвета волокна по ГОСТ 10330–76

Для обоснования их конечного числа воспользовались известным способом, применяемым при интерпретации результатов кластерного анализа, а именно к выявлению «скачка» суммы квадратов отклонений между группами [11]. Этот

скачок определяет фазовый переход от сильно связанного состояния к слабо связанному состоянию искомым групп. Выявление такого перехода провели посредством анализа схемы объединения, представленной графически на рис. 4. Оказалось,

что при формировании кластера на пятом шаге, то есть после вычленения четырех групп, наблюдается упомянутый скачок. Его наличие объясняет целесообразность деления эталонов для трепаного волокна на четыре кластера – группы.

Исходя из предложенного деления эталонных образцов на четыре группы цвета представляет интерес оценка влияния на каждую из них исследуемых параметров цветности. Для этого использовали метод «К средних» [10]. Метод позволяет определить средние значения параметров цветности для каждого кластера (рис. 5). По горизонтали на графике отложены

участвующие в классификации переменные, а по вертикали – средние значения параметров цветности (см. табл., столбец 3) в разрезе получаемых кластеров. Из графика следует, что кластеры имеют определенные отличия между собой по ряду цветовых параметров. Прежде всего это наблюдается по параметрам RGBm, Gm, Vm, Sm. В несколько меньшей степени различия формируются по параметрам RGBv, Rv, Sv. Наличие указанных отличий подтверждается результатами дисперсионного анализа, а именно соотношением меж- и внутригрупповых дисперсий.

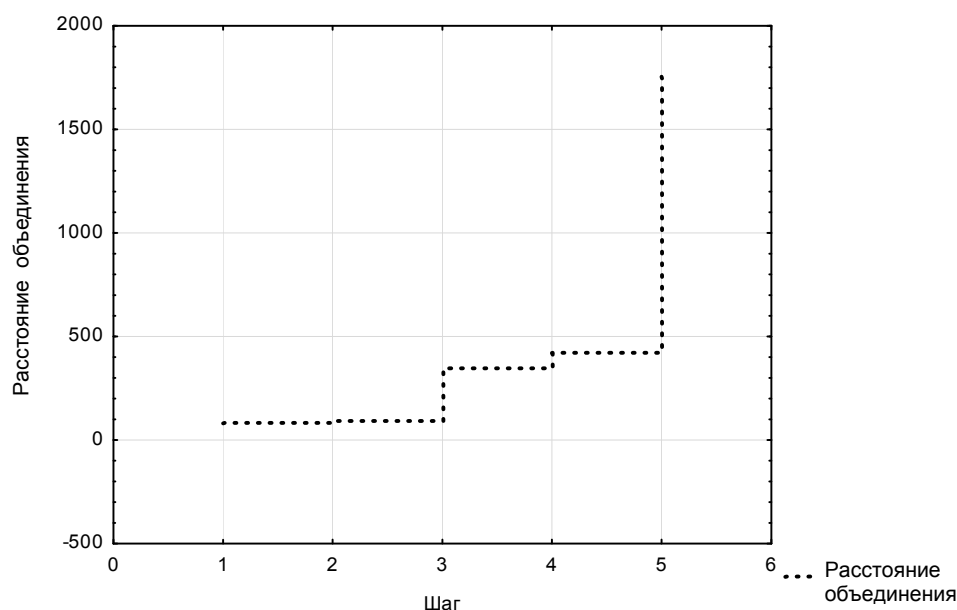


Рис. 4. Диаграмма расстояний объединения параметров цветности эталонов трепаного волокна по шагам кластеризации

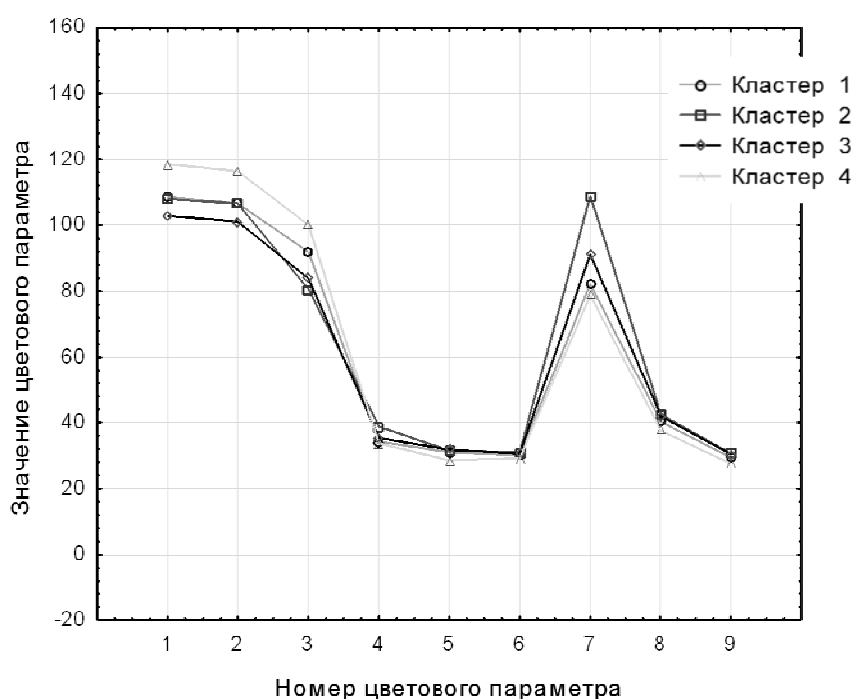


Рис. 5. Значения цветовых параметров для выявленных кластеров (групп цветности) трепаного волокна

При оценке степени сходства образованных групп цвета для трепаного волокна с таким же количеством групп для волокна в случае определения качества льнотресты выявили их высокую связь по распределенным параметрам цветности. При этом установили, что второй кластер по трепаному волокну соответствует первой группе цветности по волокну для тресты, четвертый кластер – четвертой группе. Первый и третий кластеры схожи, соответственно, с третьей и второй группами цветности для тресты.

Выявленные соответствия позволяют считать возможным изменение общего числа групп цветности для трепаного волокна с шести до четырех, что обеспечит требуемую унификацию при цветиметрии при определении качества обоих видов льноматериалов.

ВЫВОДЫ

1. Существующие различия по количеству групп цвета льняного волокна применительно к действующим стандартам на льняную тресту

и трепаное волокно приводят к затруднениям их квалиметрии на этапах купли-продажи льнопродукции, что требует унификации по численности цветовых групп.

2. На основе положений анализа цифровых изображений целесообразно использовать цветовые системы RGB и HSV с применением не только средних значений параметров цветности, но и характеристик их вариации.

3. С применением кластерного анализа установлена возможность укрупнения групп цвета трепаного волокна до четырех. Анализ сходства предложенной градации с группами цвета, используемыми при испытании льнотресты, выявил их подобие, а также обеспечил их идентификацию.

4. Для практического использования предложена унифицированная система цветности волокна по ГОСТ 24283–89 и ГОСТ 10330–76, а именно с использованием четырех групп, определяемых на основе анализа цветовых изображений, получаемых путем сканирования анализируемых волокон.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лежава О. А., Кульпина Л. И. Разработка лабораторных методов оценки трепаного льна // Научные труды ЦНИИЛВ. Т. 9. М. : Гизлегпром, 1955. С. 3–73.
2. Испытание лубоволокнистых материалов / В. В. Городов, С. Е. Лазарева, И. Я. Лунев [и др.]. М. : Легкая индустрия, 1969. 208 с.
3. Standard Test Method for Color Measurement of Flax Fiber. ASTM D6961 / D6961M – 09(2015) // American Society for Testing and Materials (ASTM-2015). URL: <https://www.astm.org/Standards/D6961.htm> (дата обращения: 6.11.2021).
4. Патент на изобретение № 2067627 РФ. Способ оценки качества льняной тресты: заявл. 06.10.1993; опубл. 10.10.1996 / Кудряшова Т. А., Мухин В. В., Романов В. А. ; патентообладатель Всероссийский НИИ льна.
5. Инструментальные системы оценки технологического качества льна : монография / Е. Л. Пашин, А. В. Куликов, И. А. Румянцева [и др.]. Одинцово : АНОО ВПО «ОГИ», 2010. 224 с.
6. Калинин Е. А. Совершенствование и автоматизация процессов определения качественных показателей льняного волокна // Вестник Херсонского национального технического университета. 2014. № 4(51). С. 85–90.
7. Орлов А. В., Пашин Е. Л., Булатов В. В. Инструментальная оценка цвета текстильных материалов по степени сходства с эталонами // Контроль качества продукции. 2018. № 9. С. 55–57.
8. Ордина Н. А. Структура лубоволокнистых растений и ее изменение в процессе переработки. М. : Легкая индустрия, 1978. 127 с.
9. Толмачев В. С., Единолич М. Б., Кузьмина Т. О. Устройство для определения показателей цвета льняного волокна // Вестник Херсонского национального технического университета. 2018. № 1. С. 163–169.
10. Торопчина Г. Н., Двоерядкина Н. Н., Вохминцева Г. П. Элементы кластерного анализа : учеб. пособие. Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2006. 42 с.
11. Власенко В. Д. Кластерный анализ : метод. указания. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. 32 с.

REFERENCES

1. Lezhava O. A., Kul'pina L. I. Development of laboratory methods for evaluation of battered flax. *Nauchnye trudy TsNIILV* [Scientific works of TSNILV]. Moscow, Gizlegprom Publ., 1955; IX:3–73. (In Russ.)
2. Gorodov V. V., Lazareva S. E., Lunev I. Ya. et al. Testing of bast fiber materials. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1969. 208 p. (In Russ.)
3. Standard Test Method for Color Measurement of Flax Fiber. ASTM D6961 / D6961M – 09(2015). ASTM, 2015. URL: <https://www.astm.org/Standards/D6961.htm> (accessed 6.11.2021).
4. Patent RF № 2067627. Kudryashova T. A., Muhin V. V., Romanov V. A. Method for assessing the quality of linen trusts: for the invention; patentee of Vserossiyskij NII l'na. Stat. 06.10.1993; Opubl. 10.10.1996. (In Russ.)
5. Pashin E. L., Kulikov A. V., Romyanceva I. A. et al. Instrumental systems for assessing the technological quality of flax. Odincovo State inst.; 2010. 224 p. (In Russ.)
6. Kalinskiy Ye. O. Improvement and automation of processes of flax fiber quality determination. *Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kherson National Technical University]. 2014;4(51):85–90. (In Russ.)
7. Orlov A. V., Pashin E. L., Bulatov V. V. Instrumental assessment of the color of textile materials according to the degree of similarity with the standards. *Kontrol' kachestva produktsii* [Production Quality Control]. 2018;9:55–57. (In Russ.)
8. Ordina N. A. The structure of bast-fiber plants and its change in the processing process. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1978. 127 p. (In Russ.)
9. Tolmachev V. S., Edinovich M. B., Kuz'mina T. O. A device for determining the color indicators of flax fiber. *Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kherson National Technical University]. 2018;1:163–169. (In Russ.)
10. Toropchina G. N., Dvoeryadkina N. N., Vohminceva G. P. Elements of cluster analysis. Blagoveshchensk, Amur St. Univ. Publ., 2006. 42 p. (In Russ.)
11. Vlasenko V. D. Cluster analysis. Habarovsk, Pacific St. Univ. Publ., 2006. 32 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 29.11.2021
Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 620.22:004.738.5

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-19-23

Алексей Юрьевич Матрохин¹

Елена Николаевна Власова²

Лариса Владиславовна Михайлова³

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

³Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации, г. Чебоксары, Россия

¹matrokhin.igta@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2373-3904>

²vlasovaen-ivanovo@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8284-9064>

³larisacoop@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0003-1703-9211>

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАРКЕТПЛЕЙСОВ ПО РЕАЛИЗАЦИИ АССОРТИМЕНТА ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье ставится вопрос о выборе ключевых показателей, отражающих функциональные возможности площадок интернет-торговли – маркетплейсов, их эффективность с точки зрения пользователей – продавцов и потребителей товаров и услуг. Проведено ранжирование выбранных показателей, даны количественные оценки электронных площадок и сравнение маркетплейсов по реализации трикотажных изделий бельевого назначения. Авторы исследуют специфику работы маркетплейсов, положительные и отрицательные стороны их работы. Количественно оценены единичные показатели конкурентоспособности маркетплейсов: комиссионный сбор, доступность пунктов выдачи заказов и время ожидания заказа. На основе расчета комплексного показателя конкурентоспособности маркетплейсов дана рекомендация по выбору в качестве приоритетных торговых площадок для развития сети продаж трикотажных изделий в Российской Федерации AliExpress и Wildberries. Данную методику можно рекомендовать для выбора торговых площадок в других категориях товаров.

Ключевые слова: маркетплейс, площадки интернет-торговли, трикотажные изделия, оценка конкурентоспособности, сравнительный анализ, метод экспертных оценок, показатели конкурентоспособности

Для цитирования: Матрохин А. Ю., Власова Е. Н., Михайлова Л. В. Оценка показателей конкурентоспособности маркетплейсов по реализации ассортимента трикотажных изделий // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 19–23. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-19-23>.

Original article

Aleksey Yu. Matrokhin¹

Elena N. Vlasova²

Larisa V. Mikhailova³

^{1,2}Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

³Cheboksary Cooperative Institute (branch) of the Russian University of Cooperation, Cheboksary, Russia

ASSESSMENT OF MARKETPLACE COMPETITIVENESS INDICATORS FOR THE SALE OF KNITTED GOODS

Abstract. The article raises the question of the choice of key indicators that reflect the functionality of online trading platforms – marketplaces, their effectiveness from the point of view of users – sellers and consumers of goods and services. The ranking of the selected indicators, quantitative assessments of electronic sites and comparison of marketplaces for the sale of knitted underwear products have been carried out. The authors investigate the specifics of the work of marketplaces, the positive and negative aspects of their work. The single indicators of marketplace competitiveness were quantified – commission fee, availability of points of issue of orders and waiting time for an order. Based on the calculation of a comprehensive indicator of the competitiveness of marketplaces, a recommendation was given on choosing AliExpress and Wildberries as

priority trading platforms for the development of a network of sales of knitwear in the Russian Federation. This technique can be recommended for the selection of trading platforms in other categories of goods.

Keywords: marketplace, e-commerce sites, knitwear, competitiveness assessment, comparative analysis, expert judgement method, competitiveness indicators

For citation: Matrokhin A. Yu., Vlasova E. N., Mikhailova L. V. Assessment of marketplace competitiveness indicators for the sale of knitted goods. *Technologies & Quality*. 2022. No 1(55). P. 19–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-19-23>.

Целью исследования является определение ранжированного перечня ключевых показателей, которые отражают функциональные возможности площадок интернет-торговли – маркетплейсов и их эффективность с точки зрения пользователей – продавцов и конечных потребителей товаров и услуг. Задача состоит в выяв-

лении количественных метрик, с помощью которых можно проводить сравнительную оценку маркетплейсов для их выбора в качестве долгосрочного партнера.

Технология продаж на маркетплейсах имеет свою специфику по сравнению с традиционными магазинами, что рассмотрено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристика работы маркетплейсов

Преимущества	Недостатки
1. Скорость открытия. Создание страницы с контекстной рекламой может занять от дня до нескольких недель	1. Конкурентная среда. У маркетплейсов нет лимита продавцов на группы товаров. Алгоритм показов начинает предложение с популярных и дешевых товаров. Продавец постоянно борется за внимание клиентов
2. Гарантированный сервис	2. Комиссия и прочие платежи. Прибыль снижают комиссионные сборы, скидки по программе лояльности маркетплейса. Их величина зависит от специфики товара, хранения и доставки. Комиссия бывает от 5 до 50 %. Возможны возвраты, порчи или пропажи товара
3. Маркетинг и продвижение. В поиске маркетплейсы стабильно занимают первые позиции	3. Защита товарного знака. Производители, которые желают выйти на маркетплейсы, обязаны пройти регистрацию знака
4. География продаж. Доступ к покупателям всей России и за рубежом	4. Сложность с перепродажей. На маркетплейсах потребуются загрузка договора с поставщиком, который разрешает проводить подобные операции
5. Доставка и оплата. Маркетплейсы организуют работу самостоятельно, гарантируя покупателям, что товар будет доставлен вовремя и в сохранности, а продавцам – что они получают за это прибыль	5. Вероятно участие в акциях, сезонных скидках площадки. Например, могут обязать не показывать ряд товаров на своей витрине, так как на них нет скидки
	6. Привязка к платформе, которая может изменить условия работы. В договоре может быть прописано, что об изменении продавца будет узнавать в личном кабинете. Или в систему подгружается новый договор, и ответственность за информирование об обновлении лежит на продавце

Для рассмотрения функциональности маркетплейсов и выявления значимых характеристик проведен анализ популярных площадок в России: Ozon, Wildberries, goods.ru, AliExpress. Затем были сформулированы основные характеристики (единичные показатели) маркетплейсов, отражающие ценность для продавцов и пользователей. Соответствующие метрики, их определения и расчетные формулы представлены в табл. 2.

На следующем этапе проведено ранжирование показателей конкурентоспособности маркетплейсов по их важности с помощью метода экспертных оценок. К опросу привлечены преподаватели и обучающиеся Ивановского государственного политехнического университета, представители коммерческих служб предприятия ООО «Фабрика Надежда». Количество экспертов, имеющих опыт работы и знания в предметной области, составило 7 человек. Основными требованиями к экспертам являлись их

техническая компетентность, непредвзятость, желание участвовать в процедуре оценки [1].

Для реализации методики ранжирования проведен опрос мнений экспертов и определены коэффициенты весомости трех показателей. Значения коэффициентов весомости единичных показателей (ЕП) определяются по формуле

$$\alpha_j = \frac{S_j^{-1}}{\sum_{j=1}^k S_j^{-1}}, \quad (1)$$

где S_j – сумма ранговых оценок всех экспертов по каждому ЕП.

Суммарные ранговые оценки получают после объединения мнений экспертов по форме, представленной в табл. 3.

Необходимым эталоном является проверка согласованности мнений экспертов коэффициентом конкордации W [2].

Т а б л и ц а 2

Единичные показатели конкурентоспособности маркетплейсов

Показатель	Определение (сущность) показателя	Расчетная формула (шкала)
1. Комиссионный сбор	Относительная величина, определяемая разницей между стоимостью товара, оплачиваемой конечным потребителем, и стоимостью, которую получает продавец по факту совершения заказа на электронной площадке (дифференцируется для товарных позиций по их маржинальности и по средней цене)	$X_1 = \frac{C_1 - C_2}{C_1},$ где C_1 – стоимость за единицу товара, оплачиваемая конечным потребителем, руб.; C_2 – стоимость за единицу товара, которую получает продавец по факту совершения заказа, руб.
2. Доступность пунктов выдачи заказов (ПВЗ)	Относительный показатель, определяемый отношением количества ПВЗ, приходящихся на 1000 жителей в выбранном регионе для базового (лучшего) маркетплейса, к количеству ПВЗ, приходящихся на 1000 жителей в выбранном регионе для i -го маркетплейса	$X_2 = \frac{N_i}{N_{\text{баз}}},$ где N_i – количество ПВЗ на 1000 жителей в выбранном регионе для i -го маркетплейса, шт.; $N_{\text{баз}}$ – количество ПВЗ на 1000 жителей в выбранном регионе для базового (лучшего) маркетплейса, шт.
3. Время ожидания	Относительный показатель, вычисляемый как отношение среднего времени ожидания заказа потребителем на базовом (лучшем) маркетплейсе ко времени ожидания заказа потребителем на i -м маркетплейсе. Лучший маркетплейс определяется по результатам периода апробации сравниваемых электронных площадок	$X_3 = \frac{T_{\text{баз}}}{T_i},$ где $T_{\text{баз}}$ – время ожидания заказанного товара на базовом (лучшем) маркетплейсе, ч; T_i – время ожидания заказанного товара на i -м маркетплейсе, ч

Т а б л и ц а 3

Результаты ранжирования единичных показателей

№	Ранги R_{jz} , проставленные экспертами для показателей			Сумма рангов
	X_1	X_2	X_3	
1	1	3	2	6
2	1	3	2	6
3	2	1	3	6
4	1	3	2	6
5	1	2	3	6
6	1	3	2	6
7	1	3	2	6
S_j	8	18	16	42
α_j	0,514	0,229	0,257	-

Поскольку среди опрошенных экспертов никто не выставил одинаковые ранги нескольким показателям, то показатель одинаковости у каждого эксперта равен нулю. Подставив значения в формулу W , получим, что коэффициент конкордации равен $W = 0,6$. Чем ближе W к единице (для вычисления комплексного показателя его значение должно быть не менее 0,6), тем лучше согласованность мнений экспертов. Значимость W оцениваем по критерию Пирсона χ^2 . Фактическое значение критерия Пирсона χ^2 определяется по формуле

$$\chi^2 = W m (k - 1) = 0,6 \cdot 7 \cdot (3 - 1) = 8,3, \quad (2)$$

где m – число экспертов (равно семи по числу опрошенных);

k – число единичных показателей.

Фактическое значение критерия Пирсона сравнивают с табличным значением $\chi^2_{\text{табл}}$ при доверительной вероятности $P = 0,95$ или $P = 0,99$ и числе степеней свободы $f = k - 1$. Если $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$, то коэффициент конкордации W значим с вероятностью 0,95. Значение $\chi^2_{\text{табл}} = 6,0$ [2]. Следовательно, значение коэффициента конкордации значимо, что позволяет применять результаты проведенного ранжирования в дальнейшей оценке, в том числе при построении комплексного показателя конкурентоспособности.

Оценка конкурентоспособности маркетплейсов предполагала изучение инфраструктуры торговых площадок по данным информационно-справочных систем, ознакомление с условиями, предлагаемыми маркетплейсами продавцам товаров, выполнение пробных заказов для оценки

времени ожидания. Выбраны только маркетплейсы, которые предлагают ассортимент трикотажных изделий ООО «Фабрика Надежда».

Размер комиссионного сбора, как наиболее мощный фактор конкурентоспособности и инструмент привлечения на маркетплейс новых партнеров – продавцов товаров и услуг, находится в динамике у всех торговых площадок и постоянно снижается. Wildberries установил размер комиссии 15 % для всех категорий товаров. Аналогичная комиссия применяется на торговой площадке Ozon. Локальная комиссия для российских продавцов на AliExpress на дату исследования составила 8 %, но будет снижаться до 5 %. Размер комиссии площадки goods.ru установлен 17 %. Итоговая таблица с оценкой показателя X_1 , определенной для категории «Одежда, обувь и аксессуары», выглядит следующим образом (табл. 4).

Далее проведена оценка доступности пунктов выдачи заказов (ПВЗ). Воспользовались различными интернет-сервисами для просмотра объектов на карте отдельно взятой локации – г. Иваново с числом жителей 450 000 человек. Такой размер населенного пункта может считаться показательным для определения величины X_2 .

Различные маркетплейсы придерживаются разных стратегий доступности пунктов выдачи заказов. Одни используют сеть собственных точек (характерно для Wildberries), другие используют сети партнерских организаций. Например, маркетплейс AliExpress характеризуется наиболее активным привлечением ресурсов третьих сторон, таких как сеть магазинов «Пя-

терочка», курьерская служба СДЕК, «Почта России» и др. Таким образом, конкурентным преимуществом в доступности ПВЗ обладают торговые площадки, использующие программу лояльности среди партнеров в сфере ритейла.

Третий показатель конкурентоспособности X_3 определялся на основе пробных заказов однотипных товаров выбранной ассортиментной группы с контролем времени прохождения заказа от момента оплаты до появления сообщения о готовности заказа в выбранном ПВЗ. Результаты эксперимента по закупке ночной женской трикотажной сорочки приведены в табл. 4.

Проведен расчет комплексного показателя конкурентоспособности (КС) исследуемых маркетплейсов в соответствии с выражением

$$Q = \sum_{i=1}^n X_i \alpha_i, \quad (3)$$

где X_i – i -й безразмерный единичный показатель;

α_i – коэффициент весомости i -го безразмерного единичного показателя.

Результаты расчетов сведены в табл. 5.

Таким образом, в качестве рекомендаций по приоритетной торговой площадке для развития сети продаж в Российской Федерации может быть предложена торговая площадка AliExpress, а также торговая площадка Wildberries. Исследования по аналогичной методике можно рекомендовать для подготовки решения о выборе приоритетных торговых площадок в других категориях товаров.

Т а б л и ц а 4

Оценка показателей X_1 , X_2 и X_3 для категории «Одежда, обувь и аксессуары»

Наименование маркетплейса	Wildberries	Ozon	goods.ru	AliExpress
X_1				
Размер комиссии для категории, %	15	15	17	8
Величина показателя X_1	0,85	0,85	0,83	0,92
X_2				
Количество ПВЗ в выбранной локации (г. Иваново)	25	23	42	120
Количество ПВЗ, приходящихся на 1000 жителей в выбранном регионе	0,056	0,051	0,093	0,267
Величина показателя X_2	0,210	0,191	0,349	1,0
X_3				
Время ожидания заказа, ч	40	74	144	125
Величина показателя X_3	1,00	0,54	0,28	0,32

Т а б л и ц а 5

Оценка комплексного показателя конкурентоспособности маркетплейсов

Наименование маркетплейса	Wildberries	Ozon	goods.ru	AliExpress
Величина показателя X_1	0,85	0,85	0,83	0,92
Величина показателя X_2	0,21	0,191	0,349	1,00
Величина показателя X_3	1,00	0,54	0,28	0,32
Значение комплексного показателя КС	0,742	0,6194	0,5785	0,7841

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зонова Л. Н., Михайлова Л. В., Власова Е. Н. Теоретические основы товароведения и экспертизы : учеб. пособие. М. : Дашков и К°, 2015. 192 с.
2. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). М. : Экономика, 1982. 256 с.

REFERENCES

1. Zonova L. N., Mihajlova L. V., Vlasova E. N. Theoretical foundations of commodity science and expertise. Moscow, Dashkov & C Publ., 2015. 192 p. (In Russ.)
2. Azgal'dov G. G. Theory and practice of assessing the quality of goods (fundamentals of qualimetry). Moscow, Ekonomika Publ., 1982. 256 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.11.2021
Принята к публикации 22.02.2022

ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.21.051

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28

Ориф Жумаевич Муродов¹,

Павел Николаевич Рудовский²,

Андрей Ростиславович Корабельников³

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

¹baixinjom@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

²pavel_rudovsky@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-2910>

³prostokar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4546-7515>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКИ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА-СЫРЦА

Аннотация. В статье рассматривается работа предложенной авторами колосниковой решетки с колосниками, изготовленными из композиционного материала, с полиамидной матрицей и наполнителем из базальтового волокна. Экспериментальные колосники монтируются на упругих резиновых опорах с нелинейной жесткостью. На основе конечно-элементного моделирования проведен анализ форм и собственных частот свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка от крупного сора. Показано, что первые 12 собственных частот располагаются в узком диапазоне от 2,579 до 2,692 Гц. Это объясняется особенностями конструкции колосниковой решетки. Показано, что во время работы колосниковая решетка совершает вынужденные колебания с частотами 45...75 Гц.

Ключевые слова: очиститель хлопка, колосниковая решетка, упругая опора, нелинейная жесткость, собственные частоты, формы колебаний, конечный элемент

Для цитирования: Муродов О. Ж., Рудовский П. Н., Корабельников А. Р. Определение собственных частот и форм свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка-сырца // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 24–28. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28>.

Original article

Orif Zh. Murodov¹

Pavel N. Rudovsky²

Andrey R. Korabelnikov³

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

DETERMINATION OF NATURAL FREQUENCIES AND FORMS OF FREE VIBRATIONS OF THE GRATE OF THE RAW COTTON CLEANER

Abstract. The article discusses the operation of the grate proposed by the authors with grates made of composite material, with a polyamide matrix and a filler of basalt fibre. Experimental grates are mounted on elastic rubber supports with non-linear rigidity. On the basis of finite element modelling, the analysis of the forms and natural frequencies of free oscillations of the grate of cotton cleaner from large litter was carried out. It is shown that the first 12 natural frequencies are located in a narrow range from 2.579 to 2.692 Hz. This is due to the design features of the grate. It is shown that during operation the grate performs forced oscillations with frequencies 45...75 Hz.

Keywords: cotton cleaner, grate, elastic support, non-linear stiffness, natural frequencies, vibration modes, finite element

© Муродов О. Ж., Рудовский П. Н., Корабельников А. Р., 2022

For citation: Murodov O. Zh., Rudovsky P. N., Korabelnikov A. R. Determination of natural frequencies and forms of free vibrations of the grate of the raw cotton cleaner. *Technologies & Quality*. 2022. No 1(55). P. 24–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-24-28>.

Хлопок-сырец перед подачей на джинирование проходит две стадии очистки на очистителях мелкого и крупного сора [1]. Основными рабочими органами очистителя от крупного сора являются пильчатый барабан и колосниковая решетка. Колосники представляют собой стержни круглого сечения закрепленные в боковинах машины, то есть с точки зрения теории колебаний колосниковая решетка очистителя хлопка от крупного сора представляет собой систему с распределенными параметрами. Поэтому результаты, полученные при ее анализе как одномассовой модели с сосредоточенными параметрами [2–4], являются довольно грубым приближением. Для более точного определения всего спектра частот собственных колебаний колосниковой решетки проводилось моделирование в системе ANSYS Mechanical APDL с использованием типа анализа Modal.

Предварительно в среде ANSYS была построена геометрическая модель колосниковой решетки. Колосниковая решетка состоит из пяти одинаковых секций. Поэтому для анализа используется одна секция, показанная на рис. 1. Она представляет собой раму, состоящую из боковин 1 и продольных стальных брусьев круглого сечения 2. На брусьях крепятся промежуточные опоры 3. Рама служит опорой для пяти колосников 4, которые представляют собой стержни круглого сечения, изготовленные из композиционного материала.

Колосники крепятся на раме через упругие резиновые втулки 5, показанные на увеличенном фрагменте геометрической модели (рис. 2).

При проведении расчетов модель рамы закреплялась по боковинам, которым запрещены перемещения по трем координатам. Колосники закреплялись по торцевым поверхностям, на них запрещено перемещение по оси Z. Такая схема закрепления соответствует реальному закреплению колосниковой решетки.

Для всех элементов конструкции использовалась упругая изотропная модель материала. Для материала рамы модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 7800 кг/м^3 , что соответствует параметрам стали. Колосники изготовлены из композиционного материала на основе конструкционного полиамида, армированного базальтовыми волокнами, который имеет модуль упругости $E = 1,4 \cdot 10^9$ Па, коэффициент Пуассона 0,4, плотность 900 кг/м^3 . Для резиновых втулок модуль упругости $E = 10^6$ Па, коэффициент Пуассона 0,4, плотность 1000 кг/м^3 .

При своей работе резиновые втулки обладают конструктивной нелинейностью, что учитывается при конечно-элементном моделировании.

В качестве конечного элемента для всех объемов использовался элемент SOLID185. Модель разбивалась на конечные элементы тетраэдрической формы со стороной 1 см. Фрагмент модели с нанесенной на нее конечно-элементной сеткой показан на рис. 3.

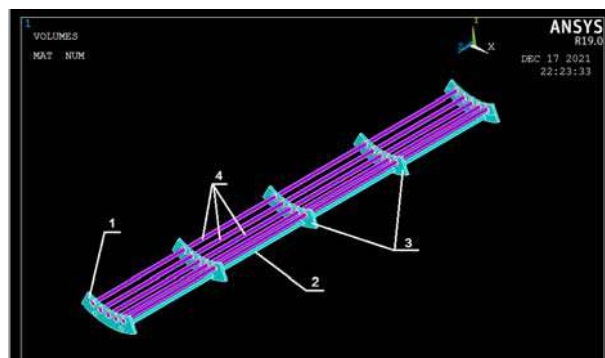


Рис. 1. Геометрическая модель колосниковой решетки

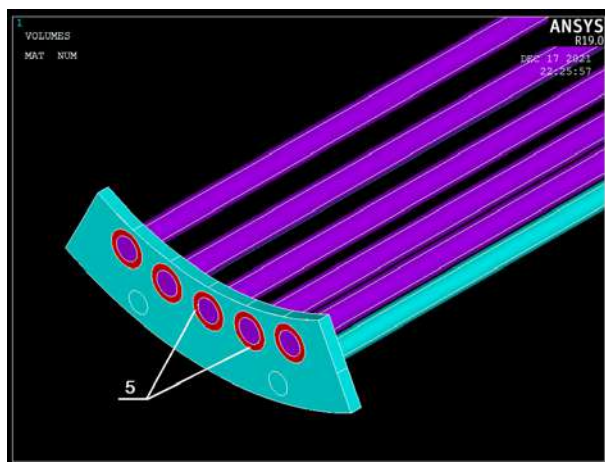


Рис. 2. Крепление колосников на раме

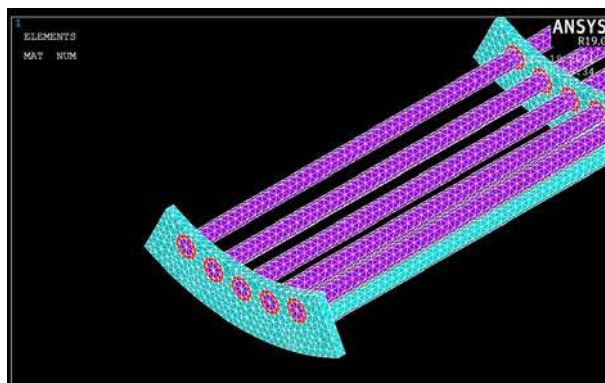


Рис. 3. Фрагмент конечно-элементной сетки

В настройках модуля Modal назначен поиск 12 собственных частот системы в диапазоне от 0 до 50 Гц. Результаты расчета представлены на рис. 4.

В первой колонке приводится номер гармоника, а во второй соответствующая ей частота. Как следует из результатов расчета, все частоты располагаются в довольно узком диапазоне от 2,579 до 2,692 Гц. На рис. 5 представлены формы колебаний для соответствующих частот. Изображение на рис. 5 позволяет понять, почему частоты расположены так близко друг к другу. Колосниковая решетка состоит из пяти одинаковых колосников, разделенных на 4 одинаковых пролета. Каждая из частот, определенных в результате расчета, представляет собой первую форму колебаний для соответствующего пролета в горизонтальной или вертикальной

плоскости. Теоретически эти частоты должны совпадать, имеющееся небольшое расхождение связано с особенностями закрепления среднего и крайнего пролетов, а также разницей в податливости боковин и промежуточных опор в случае приложения нагрузки в среднем или крайних отверстиях.

Как показано в исследованиях [5, 6], в процессе работы колосник совершает вынужденные колебания, вызванные случайными воздействиями со стороны обрабатываемого хлопка. Эти частоты лежат в диапазоне 45...75 Гц, при котором достигается наибольший очистительный эффект. Они не совпадают с частотами свободных колебаний колосников. То есть колосниковая решетка работает в режимах далеких от резонансного.



SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	2.579	1	1	1
2	2.582	1	2	2
3	2.582	1	3	3
4	2.582	1	4	4
5	2.585	1	5	5
6	2.586	1	6	6
7	2.588	1	7	7
8	2.594	1	8	8
9	2.596	1	9	9
10	2.598	1	10	10
11	2.602	1	11	11
12	2.692	1	12	12

Рис. 4. Результаты расчета 12 собственных частот колосниковой решетки

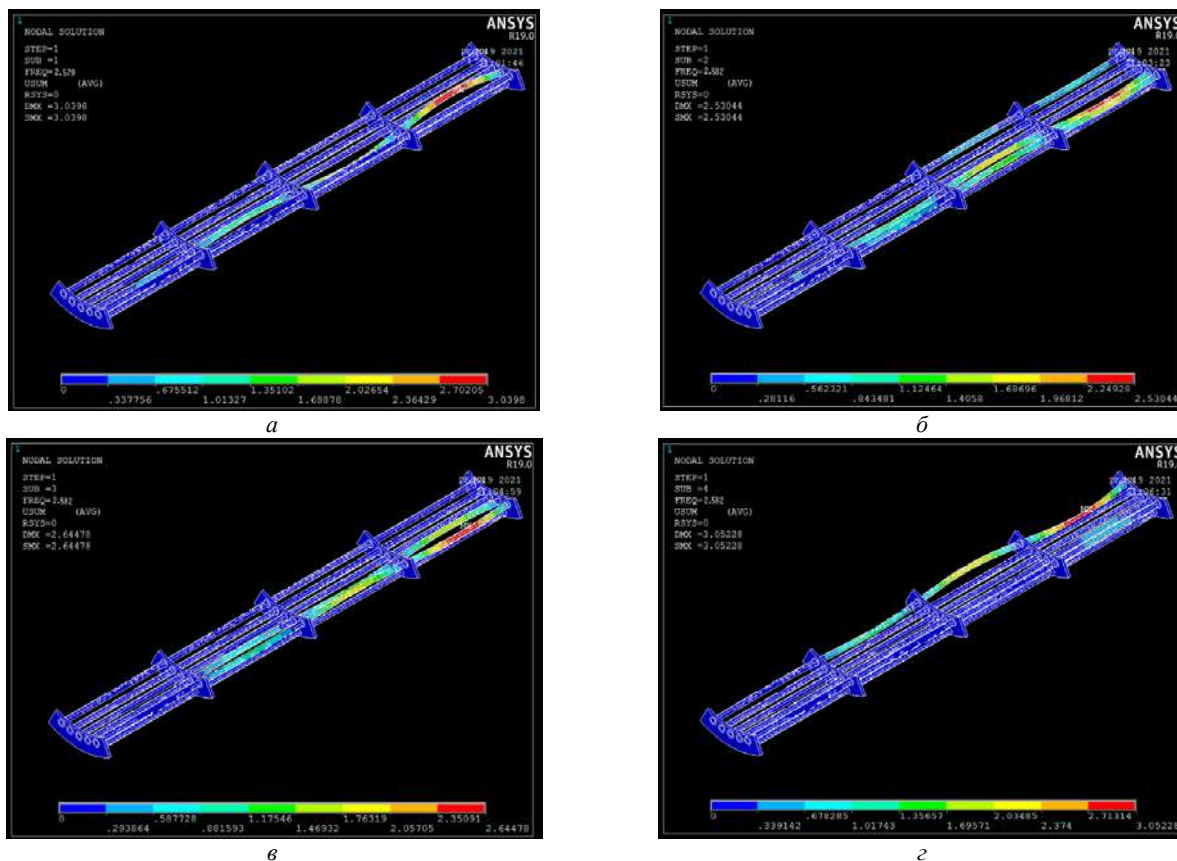


Рис. 5. Формы колебаний колосниковой решетки, соответствующие собственным частотам (начало)

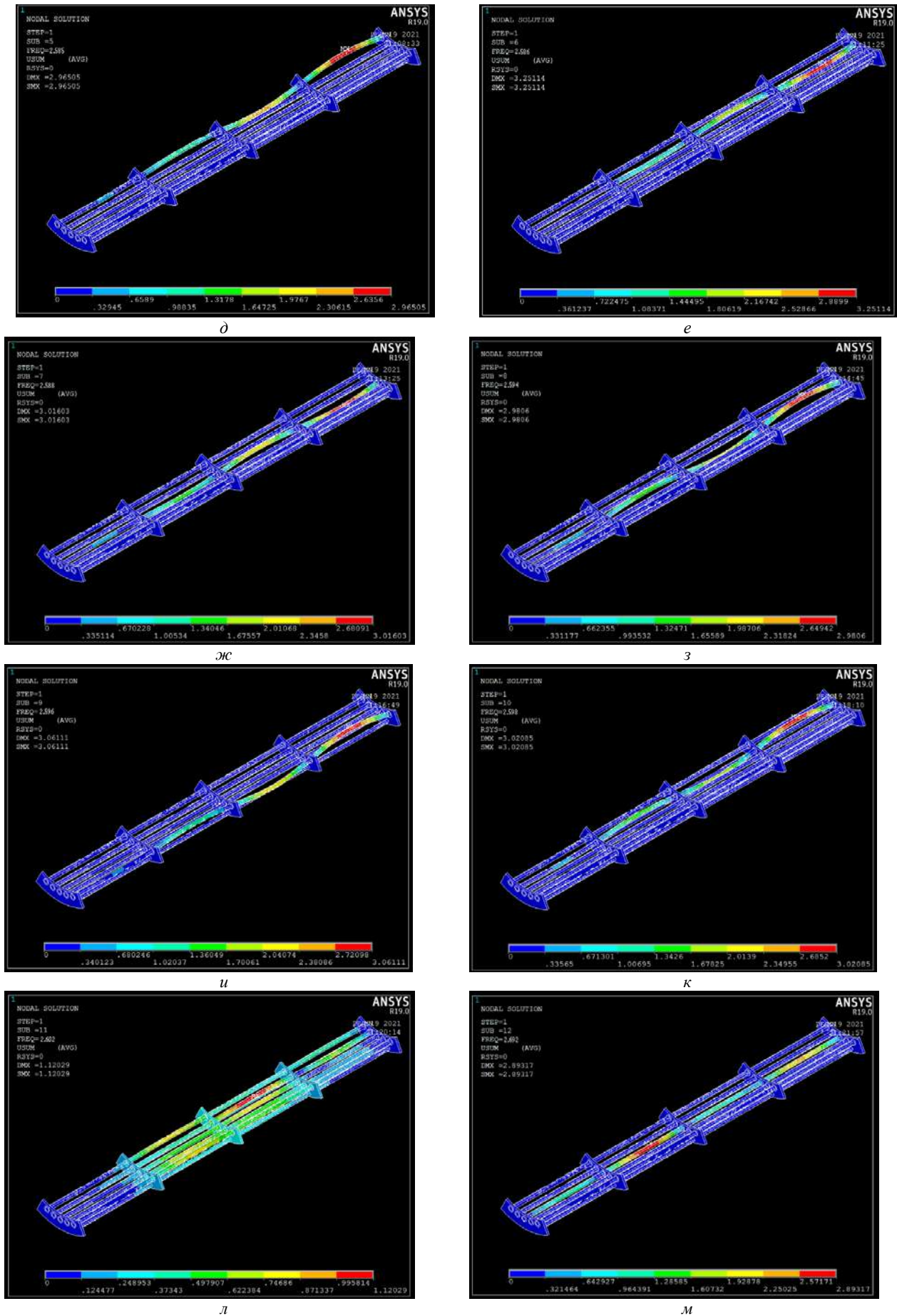


Рис. 5. Формы колебаний колосниковой решетки, соответствующие собственным частотам (окончание)

ВЫВОД

Установлено, что вынужденные колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка от крупного сора возникают под действием на нее перерабатываемого хлопка. Частоты собственных колебаний решетки, полученные по

результатам конечно-элементного моделирования в среде ANSYS Mechanical APDL, на порядок меньше частот вынужденных колебаний, что исключает возможность возникновения резонансного режима работы колосниковой решетки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки / С. А. Газиева, Б. Д. Курбонов, М. Э. Нуров, Х. И. Иброгимов, П. Н. Рудовский // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 5(347). С. 131–135.
2. Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines / O. J. Murodov, D. S. Tashpulatov, A. Juraev J. K. Gafurov, S. Vassiliadis // Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/329485218_Design_development_and_parameters_calculation_methods_of_plastic_diamond_pattern_bars_on_resilient_supports_in_ginning_machines (дата обращения: 28.01.2022).
3. Murodov O. J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic pattern Cleaning Cleaners // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019. Vol. 8, is. 12. P. 2640–2646.
4. Murodov O. J. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton // ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889, is. 4. P. 1889–1896.
5. Agzamov M. M., Yunusov S. Z., Gafurov J. K. On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/320940228_On_the_technological_development_of_cotton_primary_processing_using_a_new_drying-purifying_unit (дата обращения: 28.01.2022).
6. Корабельников А. Р., Лебедев Д. А., Шутова А. Г. Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 4(340). С. 143–147.

REFERENCES

1. Gazieva S. A., Kurbonov B. D., Nurov M. E., Ibrogimov H. I., Rudovsky P. N. Change of structural index of raw-cotton by technological transitions of its processing. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2013;5(347):131–134. (in Russ.)
2. Murodov O. J., Tashpulatov D. S., Juraev A., Gafurov J. K., Vassiliadis S. Design development and parameters calculation methods of plastic diamond pattern bars on resilient supports in ginning machines. Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. URL: https://www.researchgate.net/publication/329485218_Design_development_and_parameters_calculation_methods_of_plastic_diamond_pattern_bars_on_resilient_supports_in_ginning_machines (accessed 28.01.2022).
3. Murodov O. J. Perfection of Designs and Rationale of Parameters of Plastic pattern Cleaning Cleaners. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. 2019;8,12:2640–2646.
4. Murodov O. J. Development of an effective design and justification of the parameters of the separation and cleaning section of raw cotton. *ICMSIT-II 2021 Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1889,4:1889–1896.
5. Agzamov M. M., Yunusov S. Z., Gafurov J. K. On the technological development of cotton primary processing, using a new drying-purifying unit. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/320940228_On_the_technological_development_of_cotton_primary_processing_using_a_new_drying-purifying_unit (accessed 28.01.2022).
6. Korabelnikov A. R., Lebedev D. A., Shutova A. G. Selection of trash from the surface of fibrous material layer. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2012;4(340):143–146. (in Russ.)

Статья поступила в редакцию 2.02.2022

Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 677.01:54-1+391-037 (575)=161.1

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-29-34

Заррина Акрам Яминзода (Яминова)

Технологический университет Таджикистана, г. Душанбе, Таджикистан

zyaminova@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4398-8103>

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРАШЕНИЯ И ПРОМЫВКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье изучены важнейшие свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ): пенообразующая и смачивающая способности, устойчивость в высокощелочной среде, поверхностная активность. Спектрофотометрическим методом показано интенсифицирующее действие экологически безопасных поверхностно-активных веществ Глюкопона 2015 и Карбоксипав на процесс колорирования натуральных текстильных материалов дихлортриазиновыми, винилсульфоновыми и бифункциональными красителями. Оценено влияние поверхностно-активных веществ различного строения на состояние активного красителя в растворе и технические результаты колорирования целлюлозных и хлопкошелковых тканей. Выявлен синергический эффект солюбилизующего действия ПАВ: неионогенных алкилполиглицозидов (Глюкопона 215) и анионных карбоксилатов (Карбоксипав) на активные красители.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, активные красители, белизна ткани, шелковая ткань, хлопковая ткань, пенообразующие способности, крашение, промывка ткани

Для цитирования: Яминзода (Яминова) З. А. Изучение свойств поверхностно-активных веществ, определяющих эффективность крашения и промывки текстильных материалов // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 29–34. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-29-34>.

Original article

Zarrina A. Yaminzoda (Yaminova)

Technological University of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

STUDY OF THE PROPERTIES OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES DETERMINING THE EFFICIENCY OF DYING AND RINSING OF TEXTILE MATERIALS

Abstract. The article studies the most important properties of surfactants – foaming and wetting ability, stability in a highly alkaline environment, surface activity. Spectrophotometric method showed the intensifying effect of environmentally friendly surfactants Glucopon 2015 and Carboxypav on the process of colouring natural textile materials with dichlorotriazine, vinyl sulfone and bifunctional dyes. The effect of surfactants of various structures on the state of the active dye in solution and the technical results of colouring cellulose and cotton silk fabrics has been evaluated. A synergistic effect of the solubilising action of surfactants – nonionic alkyl polyglycosides (Glucopon 215) and anionic carboxylates (Carboxypav) on active dyes was revealed.

Keywords: surfactants, reactive dyes, fabric whiteness, silk fabric, cotton fabric, foaming properties, dyeing, fabric washing

For citation: Yaminzoda (Yaminova) Z. A. Study of the properties of surface-active substances determining the efficiency of dyeing and rinsing of textile materials. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 29–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-29-34>.

В области химии поверхностных явлений и ПАВ опубликовано значительное количество работ, в которых моющее действие ПАВ пытаются связывать с менее сложными физическими факторами, влияние которых можно установить непосредственно. Так, например, Э. Д. Бурцик [1],

исследуя скорость понижения поверхностного натяжения в растворах ПАВ, нашел, что некоторые факторы, способствующие ее повышению, одновременно усиливают моющую способность растворов. Однако в работе Ф. Баумгартнера [2] в результате тщательного исследования изо-алкилсульфонатов установлено отсутствие простой зависимости между их мою-

© Яминзода (Яминова) З. А., 2022

щим действием, с одной стороны, и поверхностным натяжением и смачиваемой способностью, с другой. Низкое поверхностное натяжение не гарантирует высокого моющего действия ПАВ, хотя растворы эффективных моющих средств и препаратов, имеющих типичную структуру ПАВ, как правило, обладают низким поверхностным и межфазным натяжением. Большое количество работ посвящено исследованию взаимосвязи между действием раствора и процессами мицеллообразования [3].

Обоснован ряд эмпирических зависимостей между моющим действием и критической концентрацией мицеллообразования (ККМ) ПАВ [4]. Важный вклад в теорию моющего действия сделал В. Клинг, опубликовавший серию работ по изучению влияния каждой переменной, играющей ту или иную роль в моющем процессе [5]. Теория моющего действия была развита в работах Ребиндера [6].

Поверхностно-активные вещества обычно используются в процессах крашения текстиля. Их использование улучшает качество окончательного окрашивания. Взаимодействия между красителями и поверхностно-активными веществами в водных растворах изучены во многих работах [7–14]. Однако для каждого класса красителей необходимо определять наиболее эффективные интенсифицирующие процессы крашения ПАВ.

Несмотря на наличие многочисленных работ по изучению влияния физико-химических свойств растворов ПАВ до сих пор нет всеобъемлющей теории моющего действия, комплексно объясняющей процесс промывки. Это является следствием того, что проблема моющего действия представляет собой по ряду причин как в практическом, так и в теоретическом отношении особенно сложную область исследования.

Промывка тканей – один из самых распространенных и энергоемких процессов отделочного производства в технологии текстильной промышленности. Одним из перспективных способов повышения эффективности процесса промывки является интенсификация промывки с помощью применения новых ПАВ. Положительный эффект этого воздействия обусловлен, главным образом, снижением диффузионного сопротивления переносу загрязненных частиц или частиц красителя из ткани в промывной раствор. Практическая же реализация этого способа интенсификации процесса промывки связана с необходимостью экспериментального исследования свойств ПАВ и композиций на их основе с целью разработки высокоэффективного экологически безопасного моющего препара-

та и определения концентрационно-временных параметров его применения [15].

Для процессов колорирования целлюлозных и шелковых текстильных материалов активными красителями предложены разнообразные способы интенсификации [16] от физических до сложных химических с использованием органических растворителей [17].

Малозатратным и экологичным способом интенсификации процесса крашения является применение новых поверхностно-активных веществ, способных ускорять процесс смачивания тканей и одновременно повышать растворимость красящих веществ.

В качестве объектов исследования в работе использованы новые поверхностно-активные вещества, предоставленные ООО «Завод синтанолов» (г. Дзержинск, РФ), которые относятся к экологически безопасным оксиэтилированным жирным спиртам (Синтанол АЛМ-7, Синтанол АЛМ-10), синтезированный в лаборатории ООО «ТОС» (г. Долгопрудный) Синтанол-8 и «зеленые» алкилполигликозиды импортного производства (фирма «COGNIS»), полученные ацилированием кукурузного сиропа глюкозы (Глюкопон 215), и карбоксипав производства ОАО «НИИ ПАВ» (г. Волгодонск, Ростовская обл.). Для сравнения взяты традиционно применяемые поверхностно-активные вещества анионного и неионогенного типа. Проведена оценка свойств ПАВ, таких как устойчивость в щелочном растворе, смачивающая и пенообразующая способность, а также устойчивость пены. Концентрация ПАВ в исследуемых растворах при определении первых двух показателей составляла 1 г/л, пенообразующую способность определяли, используя растворы поверхностно-активных веществ концентрацией 5 г/л.

Пенообразующая способность ПАВ, применяемых в крашении и промывке текстильных материалов, должна быть минимально возможной, так как непрерывные технологии обработки проводят на поточных линиях с высокой скоростью, а в случае использования периодического оборудования – машин эжекторного типа, высокое пенообразование также является негативным фактором, отрицательно влияющим на качество выпускаемых тканей.

Исследование пенообразующей способности ряда ПАВ показало, что наименьшим пенообразованием характеризуются поверхностно-активные вещества, являющиеся производными оксиэтилированных жирных спиртов – Синтанолы (табл. 1). Низкую пенообразующую способность показал импортный препарат для промывки Wash matic, минимальной устойчиво-

стью пены характеризуется анионное ПАВ – Карбоксипав.

Крашение целлюлозных тканей активными красителями ведется в присутствии щелочного реагента, который в зависимости от красящего вещества выполняет различные функции, в то же время в промывные композиции в некоторых случаях добавляют щелочь или соду. Выполнено исследование поведения поверхностно-активных веществ в щелочных растворах следующих концентраций 50, 75, 100, 150 и 200 г/л. Устойчивость поверхностно-активных веществ в таких растворах определяли по изменению цвета и консистенции раствора.

Показано (см. табл. 1), что производные оксиэтилированных жирных спиртов (Синтанолы) устойчивы в растворе, содержащем до 50 г/л щелочи.

Производные оксиэтилированных алкилфенолов с винилбутиловым окончанием (Феноксол БВ) и алкилполиглицозиды (Глюкопон

215, 225) обладают наибольшей устойчивостью и не разлагаются при концентрации гидроксида натрия 150...200 г/л.

Смачивание текстильного материала играет значимую роль в процессах промывки и крашения тканей. Основной задачей смачивателя является увеличение скорости пропитки ткани красящим раствором или другими препаратами. Судя по полученным данным (см. табл. 1) максимальную смачивающую способность проявили Феноксол БВ и Глюкопаны 215 и 225.

Рассматривая процессы промывки текстильных материалов на любой стадии отделочного производства, необходимо знать моющую способность применяемого препарата. Высокую моющую способность (табл. 2) показали Карбоксипав, Wash matic, Синтанол АЛМ-7 и Синтанол-8. Оптимальное моющее действие на ткани наблюдается у производных оксиэтилированных спиртов при степени оксиэтилирования, равной 7.

Таблица 1

Оценка общих свойств ПАВ

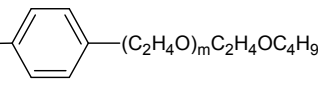
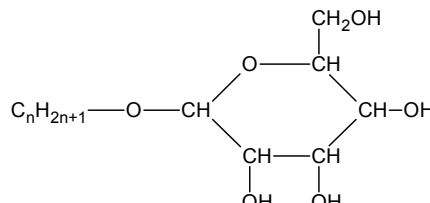
Наименование ПАВ	Устойчивость в растворе щелочи NaOH, г/л ($C_{ПАВ} = 5$ г/л)	Пенообразование, см ³	Устойчивость пены, %	Смачивающая способность, с
Синтанол АЛМ-7	До 50	160	25	2,0
Синтанол -8		172	26	2,0
Синтанол ДС-10		158	38	2,5
Синтанол АЛМ-10		180	27	2,5
Неонол АФ 9/10		330	20	2,5
Сульфанола		250	60	2,5
Смачиватель НП		200	45	2,5
Препарат Wash matic	До 75	120	39	2,5
Карбоксипав	До 75	200	18	2,5
Сульфосид 61	До 100	200	56	4,0
Феноксол БВ	До 150	190	33	1,5
Глюкопон 215	До 200	370	60	1,5
Глюкопон 225	До 200	350	62	1,5

Таблица 2

Влияние природы ПАВ на моющую способность

Наименование ПАВ	Структурная формула	Моющая способность ПАВ, %
Синтанол АЛМ-7	Производное оксиэтилированных жирных спиртов со степенью оксиэтилирования 7 $C_nH_{(2n+1)}O(C_2H_4O)_m$, $n = 10...13$, $m = 7$	25
Синтанол-8	Производное оксиэтилированных жирных спиртов со степенью оксиэтилирования 8	23
Синтанол АЛМ-10	Производное оксиэтилированных жирных спиртов со степенью оксиэтилирования 10 $C_nH_{(2n+1)}O(C_2H_4O)_m$, $n = 10...13$, $m = 10$	20,1
Неонол АФ 9/10	C_nH_{2n+1}  $O-(C_2H_4O)_m-H$ $n = 9$ $m = 10$	19,2
Сульфанола	$C_nH_{2n+1}-C_6H_4-SO_2ONa$ $n = 12...18$	22,0
Смачиватель НП	Анионоактивная композиция	22,0
Сульфосид 61	Композиция из анионоактивного и неионогенного ПАВ и пеногасителя	22,1

Окончание табл. 2

Наименование ПАВ	Структурная формула	Моющая способность ПАВ, %
Препарат Wash matic	Смесь ПАВ	22,1
Карбоксипав	$C_7H_{14}-C_6H_4O-(C_2H_4)_6-CH_2COOH$	22,8
Феноксол БВ	C_nH_{2n+1}  $(C_2H_4O)_mC_2H_4OC_4H_9$ $n = 9 \quad m = 10$	21,8
Глюкопон 215	$C_nH_{2n+1}-O-$  OH	20,3

На следующем этапе исследования определили количество поверхностно-активного вещества, сорбированного текстильным материалом и приходящегося на единицу массы волокнообразующего полимера (рис.). Этот показатель важен для характеристики скорости смачивания текстильных материалов.

Исследуемые ПАВ можно условно разбить на 3 группы по адсорбционной способности по отношению к целлюлозным волокнам. Первая группа – оксиэтилированные жирные спирты (Синтанолы), которые обладают высокой способностью сорбироваться целлюлозными волокнами. Во вторую группу входят препараты, в меньшей степени адсорбирующиеся на волокнистом субстрате (Сульфосид, Карбоксипав, препарат Washmatic), третья группа, включающая Смачиватель НП, Глюкопон 215, Суль-

фанол и Неонол АФ 9/10, обладает минимальной адсорбционной способностью.

Максимальное количество поверхностно-активного вещества, сорбированного текстильным материалом, составляет около 9,5 г/кг волокна для оксиэтилированного жирного спирта со степенью оксиэтилирования, равной 8.

ВЫВОДЫ: В статье изучены важнейшие свойства ПАВ, определяющие эффективность процесса промывки и колорирования текстильных материалов: пенообразующая, моющая и смачивающая способности, устойчивость в высокощелочной среде. Установлено, что высокой смачивающей способностью по отношению к целлюлозным текстильным материалам обладают алкилполигликозиды и оксиэтилированные жирные спирты со степенью оксиэтилирования 7–8.

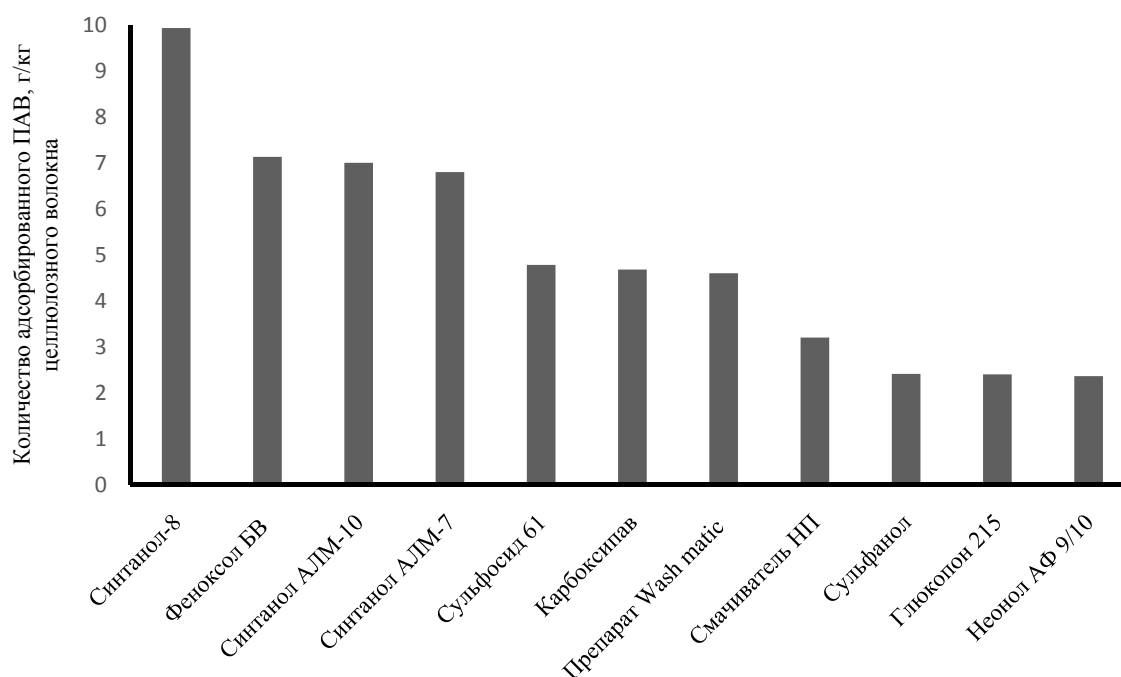


Рис. Влияние природы ПАВ на адсорбционную способность целлюлозных волокон

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Burcik E. J. Effect of electrolytes on the rate of surface tension lowering; the rate of surface equilibrium attainment as a factor in detergency // *Journal of Colloid Science*. 1953. Vol. 8, is. 5. P. 520–528.
2. Baumgartner F. N. Relation of Molecular Structure to Detergency of Some Alkylbenzene Sulfonates // *Industrial and Engineering chemistry*. 1954. Vol. 46, is. 6. P. 1349–1352.
3. Липина А. А., Авакова Е. О., Одинцова О. И. Разработка репеллентной отделки целлюлозосодержащих тканей // *Текстильная химия: традиции и новации : материалы конф. Иваново, 2017*. С. 51.
4. Kling W. Zur Kenntnis des Waschvorganges VII / Uber den Zustand von Waschmitteln in wasserigen Lösungen und seine Bedeutung für die Waschwirkung. *Melliand Textilberichte*. 1949. Vol. 30. С. 412–419.
5. Kling W. Der Waschvorgang als Umnetzung // *Kolloid Zeitschrift*. 1949. Vol. 115, No 1-3. P. 37–44.
6. Малкин А. И. Закономерности и механизмы эффекта Ребиндера (Обзор) // *Коллоидный журнал*. 2012. Т. 74, № 2. С. 239–256.
7. Simončič B., Kert M., Influence of Chemical Structure of Dyes and Surfactants on Their Interactions in Binary and Ternary Mixture // *Dyes and Pigments*. 2008, Vol. 76, is. 1. P. 104–112.
8. Yang J. Interaction of Surfactants and Aminoindophenol dye // *Journal Colloid and Interface Science*. 2004, Vol. 274, is. 1. P. 237–243.
9. Kartal C., Akbaş H., Study on the Interaction of Anionic Dye – Non-ionic Surfactants in the Mixture of Anionic and Non-ionic Surfactants by Absorption Spectroscopy // *Dyes and Pigments*. 2005, Vol. 65, is. 3. P. 191–193.
10. Paul R., Solans C., Erra P., Study of the Natural Dye Solubilisation in O/W Microemulsion and its Dyeing Behaviour // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*. 2005. Vol. 253, is. 1-3. P. 175–181.
11. Oakes J., Gratton P. Solubilisation of Dyes by Surfactant Micelles. Part 1: Molecular Interactions of Azo Dyes with Non-ionic and Anionic Surfactants // *Coloration Technology*. 2006. Vol. 119, is. 2. P. 91–99.
12. Oakes J., Gratton P., Dixon S. Solubilisation of Dyes by Surfactant Micelles. Part 3: A Spectroscopic Study of Azo Dyes in Surfactant Solutions // *Coloration Technology*. 2003. Vol. 119, is. 5, P. 301–306.
13. Houshyar S., Amirshahi S. H. Treatment of cotton with chitosan and its effect on dyeability with reactive dyes // *Iranian Polymer Journal*. 2002. Vol. 11, No 5. P. 295–301.
14. Применение производных алкиламинов в процессах закрепления окрасок текстильных материалов, колорированных активными красителями / М. Н. Кротова, Е. Ю. Куваева, О. И. Одинцова, Б. Н. Мельников // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. 2006. № 6. С. 68–70.
15. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание крашение текстильной продукции): новые проблемы или новые возможности / О. И. Одинцова, О. В. Козлова, А. В. Чешкова, О. В. Гревцов // *Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности : сборник статей 7. М., 2017*. С. 126–135.
16. Мельников Б. Н., Морыганов П. В. Теория и практика интенсификации процессов крашения. М. : Легкая индустрия, 1969. 271 с.
17. Нестеров Л. А., Скалзубова Н. С., Сарибеков Г. С. Влияние органических соединений на диффузионносорбционные свойства галогенпиримидиновых активных красителей // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. Т. 4. № 6(58). С. 32–34.

REFERENCES

1. Burcik E. J. Effect of electrolytes on the rate of surface tension lowering; the rate of surface equilibrium attainment as a factor in detergency. *Journal of Colloid Science*. 1953;8,5:520–528.
2. Baumgartner F. N. Relation of Molecular Structure to Detergency of Some Alkylbenzene Sulfonates. *Industrial and Engineering chemistry*. 1954;46,6:1349–1352.
3. Lipina A. A., Avakova E. O., Odintsova O. I. Development of repellent finishing of cellulose-containing fabrics. *Textile chemistry: traditions and innovations*. 2017:51. (In Russ.)
4. Kling W. Zur Kenntnis des Waschvorganges VII/Über den Zustand von Waschmitteln in wasserigen Lösungen und seine Bedeutung für die Waschwirkung. *Melliand Textilberichte*. 1949;30:412–419.
5. Kling W. Der Waschvorgang als Umnetzung. *Kolloid Zeitschrift*. 1949;115,1-3:37–44.
6. Malkin A. I. Regularities and mechanisms of the Rebinder effect (Review). *Colloid Journal*. 2012;74,2:239–256.

7. Simončič B., Kert M., Influence of Chemical Structure of Dyes and Surfactants on Their Interactions in Binary and Ternary Mixture. *Dyes and Pigments*. 2008;76,1:104–112.
8. Yang J. Interaction of Surfactants and Aminoindophenol dye. *Journal Colloid and Interface Science*. 2004;274,1:237–243.
9. Kartal C., Akbaş H., Study on the Interaction of Anionic Dye – Non-ionic Surfactants in the Mixture of Anionic and Non-ionic Surfactants by Absorption Spectroscopy. *Dyes and Pigments*. 2005;65,3:191–193.
10. Paul R., Solans C., Erra P., Study of the Natural Dye Solubilisation in O/W Microemulsion and its Dyeing Behaviour. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*. 2005;253,1-3:175–181.
11. Oakes J., Gratton P. Solubilisation of Dyes by Surfactant Micelles. Part 1: Molecular Interactions of Azo Dyes with Non-ionic and Anionic Surfactants. *Coloration Technology*. 2006;119,2:91–99.
12. Oakes J., Gratton P., Dixon S. Solubilisation of Dyes by Surfactant Micelles. Part 3: A Spectroscopic Study of Azo Dyes in Surfactant Solutions. *Coloration Technology*. 2003;119,5:301–306.
13. Houshyar S., Amirshahi S. H. Treatment of cotton with chitosan and its effect on dyeability with reactive dyes. *Iranian Polymer Journal*. 2002;11,5:295–301.
14. Krotova M. N., Kuvaeva E. Yu., Odintsova O. I., Melnikov B. N. The use of alkylamine derivatives in the processes of fixing the colors of textile materials colored with active dyes. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2006;6:68–70. (In Russ.)
15. Odintsova O. I., Kozlova O. V., Cheshkova A. V., Grevtsov O. V. Information and technical handbook on the best available technologies “Manufacture of textiles (washing, bleaching, mercerization, dyeing of textile fibers, bleaching, dyeing of textile products)”: new problems or new opportunities. The best available technologies. Application in various industries. Collection of articles 7. Moscow, 2017:126–135. (In Russ.)
16. Melnikov B. N., Moryganov P. V. Theory and practice of intensification of dyeing processes. Moscow, Light industry Publ., 1969. 271 p. (In Russ.)
17. Nesterov L. A., Skalozubova N. S., Saribekov G. S. Influence of organic compounds on diffusion-sorption properties of halopyrimidine active dyes. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2012;4,6(58):32–34. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.11.2021
Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 677.024:519.876.5

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-35-39

Петр Алексеевич Севостьянов¹

Галина Георгиевна Сокова²

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

²Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

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

²g_sokova@ksu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1436-2489>

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРЕНИЯ ВОЛОКОН В ОДНОМЕРНОМ ВОЛОКНИСТОМ ПРОДУКТЕ

Аннотация. В статье рассмотрена модель пластической деформации одномерных волокнистых продуктов, основанная на представлениях о силах сцепления и сухого трения между волокнами по поверхностям участков касания волокон в продукте. Предложено учесть в этой модели статистическую природу таких факторов, как величина и направление сил нормального давления, величина коэффициента трения, направления поверхностей касания в продукте. В качестве модельного распределения выбрано гамма-распределение. Методом статистического моделирования показано, что учет статистической природы перечисленных факторов приводит к принципиально новой зависимости между скоростью пластической деформации и механическим напряжением сил, возникающих в продукте под действием внешней удлиняющей нагрузки – зависимость подобна действующим для вязких сред с ньютоновским законом вязкого трения.

Ключевые слова: одномерный волокнистый продукт, пластическая деформация, сухое трение, вязкое трение, модель Сен-Венана, статистические вариации, метод статистического моделирования

Для цитирования: Севостьянов П. А., Сокова Г. Г. Статистические особенности трения волокон в одномерном волокнистом продукте // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 35–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-35-39>.

Original article

Petr A. Sevostyanov¹

Galina G. Sokova²

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

²Kostroma State University, Kostroma, Russia

STATISTICAL FEATURES OF FIBRE FRICTION IN A ONE-DIMENSIONAL FIBROUS PRODUCT

Abstract. The article considers a model of plastic deformation for one-dimensional fibrous products based on the ideas of the forces of adhesion and dry friction between the fibres on the surfaces of the areas where the fibres touch in the product. It is proposed to take into account in this model the statistical nature of such factors as the magnitude and direction of the normal pressure forces, the magnitude of the coefficient of friction, the direction of the contact surfaces in the product. The gamma distribution is chosen as the model distribution. The statistical modelling method shows that taking into account the statistical nature of the listed factors leads to a fundamentally new relationship between the rate of plastic deformation and the mechanical stress of forces arising in the product under the action of an external elongating load – the dependence is similar to those acting for viscous materials with Newton's law of viscous friction.

Keywords: one-dimensional fibrous product, plastic deformation, dry friction, viscous friction, Saint Venant model, statistical variations, statistical modeling method

For citation: Sevostyanov P. A., Sokova G. G. Statistical features of fibre friction in a one-dimensional fibrous product. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 35–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-35-39>.

Назовем одномерным волокнистым продуктом (ОВП) изделие из волокон или элементарных нитей, протяженность которого в одном направлении на много порядков больше, чем его размеры в двух других направлениях [1, 2]. К таким продуктам относятся, например: волокнистая лента с чесальных и ленточных машин, ровница, пряжа, крученая пряжа, нити и жгуты химических волокон, нитки.

Все ОВП существуют как единое целое благодаря равновесию сил упругости волокон и сил трения на участках соприкосновения этих волокон в ОВП [1, 3, 4]. Все волокна в ОВП имеют накопленную потенциальную энергию вследствие деформаций при формировании ОВП. Однако уменьшить эту энергию волокна не могут из-за противодействия других волокон, с которыми они взаимодействуют в ОВП. Силы, связанные с деформацией волокна, со временем ослабевают вследствие процессов релаксации. Силы трения остаются актуальными, поскольку всегда препятствуют реальным и виртуальным смещениям участков волокон относительно друг друга [3–5].

Природа и законы трения разных материалов и в разных средах хорошо изучены [1, 3, 5]. Взаимодействие между волокнами по поверхностям их касания моделируют законами сухого трения на основе закона Амонтона – Кулона и его обобщений. Одним из источников пластической деформации ОВП считаются необратимые силы трения между волокнами, возникающие под действием внешней нагрузки [1, 3, 6–8]. Сами волокна деформируются по законам упругой деформации, меняя свою форму и взаимное расположение. Пластическая деформация волокон начинается при гораздо больших значениях механических напряжений, чем те, которые возникают вследствие действия сил сцепления и трения скольжения между волокнами [9, 10]. Относительно друг друга участки волокон смещаются, если внешняя нагрузка такова, что ее действие в пределах участков взаимодействующих поверхностей превосходит максимальную силу трения покоя, которая, в свою очередь, зависит от силы сцепления между поверхностями, силы нормального давления и коэффициента трения.

Согласно модели Сен-Венана пластической деформации с учетом сухого трения взаимосвязь скорости относительной деформации $\varepsilon(t)$ и механического напряжения $\sigma(t)$ в единице объема материала вследствие действия внешней нагрузки выражается формулой

$$\frac{d\varepsilon(t)}{dt} = \begin{cases} 0, & |\sigma(t)| \leq \sigma_{\max}; \\ -\sigma_{\max} \operatorname{sign} \sigma(t). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь σ_{\max} – наибольшее напряжение, при котором касающиеся поверхности еще остаются неподвижными относительно друг друга. Обычно σ_{\max} выражают через нормальную силу n прижатия поверхностей на единицу площади касания и коэффициент трения μ : $\sigma_{\max} = \mu n$.

Как известно [3], после начала скольжения сила трения несколько меньше максимальной силы трения покоя. Сила трения всегда направлена вдоль поверхности касания волокон. На каждом участке это направление может быть различным и варьировать в процессе деформации. Однако интегральный, усредненный по объему ОВП эффект сил трения направлен против внешней деформирующей нагрузки, то есть вдоль ОВП [1, 6, 7, 9, 10].

Перечисленные выше параметры и условия относительного движения участков волокон по поверхностям скольжения можно считать случайными и варьирующими в некоторых пределах [2, 3, 9, 10]. Это направление действия и величина n , коэффициент трения и сила сцепления, причем эти случайные величины, действующие на бесчисленных участках взаимодействия волокон, с высокой степенью точности можно считать независимыми. Их законы распределения не исследованы и не известны, однако их можно заменить модельными распределениями, выбранными исходя из некоторых общих соображений. Поскольку параметры – положительные величины, то в качестве их модельных распределений выберем гамма-распределения.

Для оценки усредненного эффекта используем метод статистического моделирования [2, 6–8], несколько модифицировав формулу (1):

$$v = \begin{cases} 0, & |\sigma| \leq s; \\ -V \operatorname{sign} \sigma. \end{cases} \quad (2)$$

где v – скорость пластической деформации;

s – минимальное механическое напряжение в ОВП, при котором возникает пластическая деформация ОВП. Его величина существенно меньше порога пластической деформации материала волокон;

V – наибольшая скорость деформации.

Поскольку скорость деформации в пределах $|\sigma| > s$ пропорциональна V , то ее среднее значение и коэффициент вариации пропорциональны среднему значению и вариации V . При

этом характер зависимости (1) или (2) не меняется. Следовательно, случайные вариации V не меняют вида зависимости (2) в среднем для всего ОВП.

Значения s моделировались как значения случайной величины, имеющей гамма-распределение с математическим ожиданием $smSr$ и коэффициентом вариации CVs . Для каждого случайного значения s строилась зависимость (2) по 1000 точек – значений σ в диапазоне от $-\max(s)$ до $+\max(s)$, где $\max(s)$ – максимальное из всех смоделированных значений s . По окончании статистического моделирования зависимостей они усреднялись. Значение $smSr = 10$ оставалось одинаковым для всех опытов эксперимента, а коэффициенту вариации CVs задавались значения 0, 30, 70, 100, 125 %.

При изменении коэффициента вариации CVs параметра s (пропорционального максимальной силе трения покоя) характер зависимо-

сти скорости деформации от напряжения меняется принципиальным образом (рис.).

При отсутствии вариаций s ($CVs = 0\%$) зависимость отображает формулу (2) и соответствует модели пластической деформации Сен-Венана вследствие сухого трения. С нарастанием коэффициента вариации зависимость сглаживается, сохраняя, однако, ступенчатую форму. Но при $CVs = 100\%$, что соответствует частному случаю модельного гамма-распределения – экспоненциальному распределению величины s , усредненная зависимость превращается в гладкую, монотонно нарастающую кривую. При этом исчезает и зона нечувствительности, то есть зависимость скорости деформации v от напряжения s приобретает вид, характерный для так называемых вязких сред [4]. Дальнейший рост коэффициента вариации CVs меняет кривизну зависимости: чем больше CVs , тем выше чувствительность скорости деформации к нарастанию напряжения.

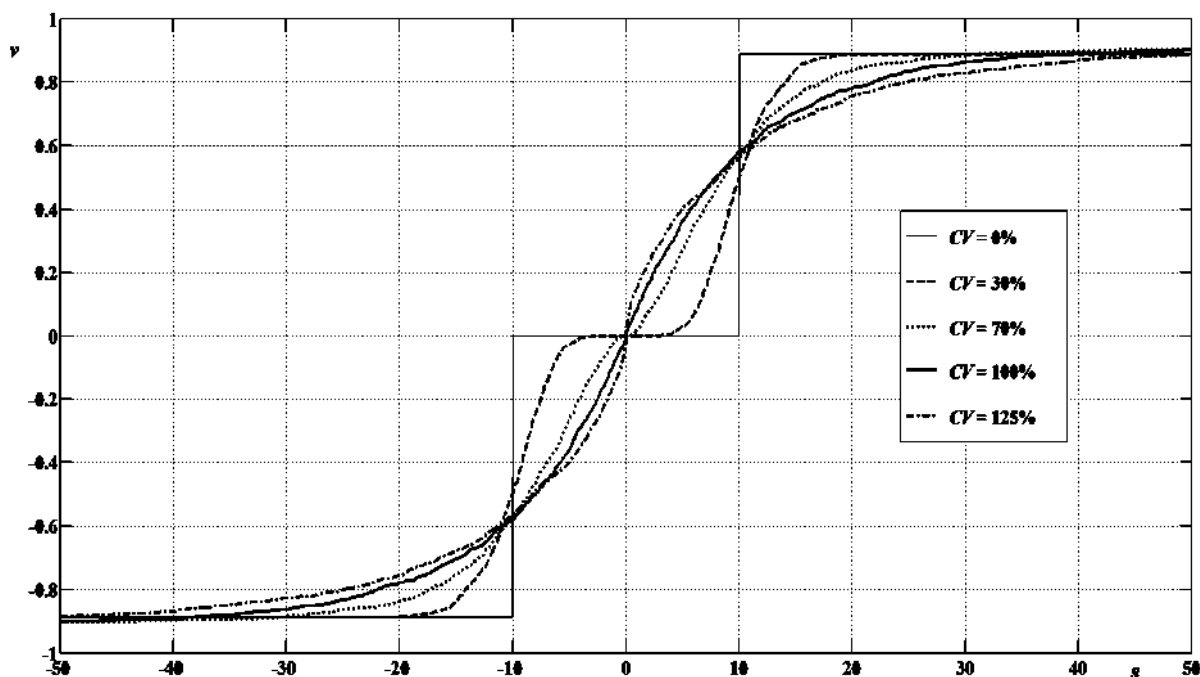


Рис. Зависимость скорости деформации v ОВП от механического напряжения s в материале под действием внешней удлиняющей ОВП нагрузки

Для проверки робастности результата модельный закон гамма-распределения был заменен на нормальное распределение с исключением отрицательных значений случайной величины s и, в другом варианте, на равномерное распределение от нулевого до некоторого наибольшего значения. Компьютерный эксперимент для этих видов альтернативных модельных распределений был повторен при нескольких значениях их параметров.

Эксперимент показал, что, хотя детали зависимости $v(s)$ имеют отличия от этой зависимости при гамма-распределении s , но характер зависимости остается неизменным: статистические вариации параметров приводят к преобразованию закономерности (2) в гладкую монотонно нарастающую кривую, характерную для материалов (сред) с вязким трением.

ВЫВОДЫ

1. Особенности строения, структуры ОВП и физика взаимодействия образующих его волокон на участках соприкасающихся поверхностей посредством сил сцепления и трения делают модель Сен-Венана наиболее адекватной для описания пластической деформации ОВП при его удлинении под действием внешней нагрузки.

2. Статистический разброс величины и направления сил нормального давления, величины коэффициента трения, площади касания и направления силы трения и сцепления огром-

ного множества отдельных участков взаимодействия волокон в ОВП приводят к тому, что усредненная макроскопическая скорость пластической деформации ОВП зависит от внешней нагрузки и создаваемого ею механического напряжения по закону, близкому или совпадающему с законами вязкого трения.

3. Этот результат является фундаментальным и не зависит от деталей взаимодействия и статистических особенностей перечисленных факторов. Он позволяет использовать для моделирования динамики пластической деформации ОВП более простую модель вязкого трения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основы прядения : в 2 ч. : учебник для вузов текстильной промышленности / В. И. Будников, И. В. Будников, В. Е. Зотиков [и др.]. М. ; Л. : Гос. изд-во лег. пром-сти, 1944–1945 : Ч. 1. 318 с.; Ч. 2. 311 с.
2. Севостьянов П. А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапелирование, кручение, намотка, перемотка : монография. М. : Клуб печати, 2021. 591 с.
3. Крагельский И. В., Щедров В. С. Развитие науки о трении. Сухое трение. М. : Изд-во АН СССР, 1956. 237 с.
4. Бокшицкий М. Н. Длительная прочность полимеров. М. : Химия, 1978. 308 с.
5. Веттегрень В. И., Башкарев А. Я., Суслов М. А. Кинетика трения и износа полимерных композиционных материалов // Физика твердого тела. 2005. Т. 47, вып. 9. С. 1619–1624.
6. Севостьянов П. А. Статистическая имитация растяжения и разрыва пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1981. № 3. С. 9–13.
7. Севостьянов П. А., Яковлева Ю. С. Статистическая модель деформации волокнистого материала с кулоновским трением // Сборник научных трудов аспирантов. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2008. С. 73–78.
8. Севостьянов П. А., Радов А. В. Исследование роли ньютоновского трения в некоторых волокнистых продуктах методами статистического компьютерного моделирования // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 1. С. 92–95.
9. Волков И. А., Коротких Ю. Г., Тарасов И. С. Численное моделирование накопления повреждений при сложном пластическом деформировании // Вычислительная механика сплошных сред. 2009. Т. 2, № 1. С. 5–18.
10. Калентьев Е. А., Тарасов В. В. Численный анализ напряженно-деформированного состояния пряжи каната с линейным касанием при растяжении и кручении // Вычислительная механика сплошных сред. 2010. Т. 3, № 4. С. 16–28.

REFERENCES

1. Budnikov V. I., Budnikov I. V., Zotikov V. E. et al. The basics of spinning. In 2 p. Moscow ; Leningrad : St. Publ. House of the light industry, 1944–1945. P. 1. 318 p. P. 2. 311 p. (In Russ.)
2. Sevost'yanov P. A. Dynamics and models of the main spinning processes: loosening, cleaning, mixing, carding and combing, pulling, sampling, stapling, torsion, winding, rewinding. Moscow, Klub Pechati Publ., 2021. 591 p. (In Russ.)
3. Kragel'skij I. V., Shchedrov V. S. Development of the science of friction. Dry friction. Moscow, AN SSSR Publ., 1956. 237 p. (In Russ.)
4. Bokshickij M. N. Long-term strength of polymers. Moscow, Himiya Publ., 1978. 308 p. (In Russ.)
5. Vettergen V. I., Bashkarev A. Ya., Suslov M. A. Kinetics of friction and wear of polymer composite materials. Physics of the Solid State. 2005;47,9:1681–1686. (In Russ.)
6. Sevost'yanov P. A. Statistical simulation of yarn stretching and tearing. Izv. vuzov, *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 1981;3:9–13. (In Russ.)

7. Sevost'yanov P. A., Yakovleva Yu. S. Statistical model of deformation of fibrous material with Coulomb friction. *Sbornik nauchnyh trudov aspirantov* [Collection of scientific papers of graduate students]. Moscow, Kosygin St. Univ. Publ., 2008:73–78. (In Russ.)
8. Radov A. V., Sevostyanov P. A. Research of a newtonian friction role in some fibrous products with methods of statistical simulation. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2008;1:98–102. (In Russ.)
9. Volkov I. A., Korotkih Yu. G., Tarasov I. S. Numerical modeling of damage accumulation under complex plastic deformation. *Vychislitel'naya mekhanika sploshnyh sred* [Computational continuum mechanics]. 2009;2,1:5–18. (In Russ.)
10. Kalentev E. A., Tarasov V. V. Numerical analysis of the stress-strain state of a rope strand with linear contact under tension and torsion loading conditions. *Vychislitel'naya mekhanika sploshnyh sred* [Computational continuum mechanics]. 2010;3,4:16–28. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.01.2022

Принята к публикации 22.02.2022

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 739.52 : 739.2

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-40-47

Татьяна Викторовна Лебедева¹

Сергей Ильич Галанин²

Ольга Александровна Трошина³

Степан Николаевич Ершов⁴

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

¹letavi44@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7744-4193>

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

³olya.troshina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4190-4113>

⁴stepan.ershov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6768-4062>

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЮВЕЛИРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В работе проведено исследование возможностей гравирования различных металлов и сплавов, используемых в ювелирном производстве. Гравирование образцов осуществлялось в глянцевой технике с помощью механизированной обработки на гравировальной пневмосистеме. В результате проведенных экспериментов продемонстрирована взаимосвязь качества гравированной поверхности, твердости и пластичности материалов. Сформулированы выводы и рекомендации по выбору оптимальных для гравирования материалов и адаптации режимов оборудования для выполнения гравировальных работ по различным металлам и сплавам. Рекомендации будут интересны различным специалистам ювелирного производства: ювелирам, граверам, мастерам, работающим на гравировальных пневмосистемах.

Ключевые слова: гравирование, механизированная гравировка, ювелирные металлы и сплавы, глянцевая техника, твердость, пластичность, блеск, ювелирное производство, ювелирные изделия

Для цитирования: Исследование гравирования различных металлов и сплавов, используемых в ювелирном производстве / Т. В. Лебедева, С. И. Галанин, О. А. Трошина, С. Н. Ершов // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 40–47. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-40-47>.

Original article

Tatiana V. Lebedeva¹

Sergey I. Galanin²

Olga A. Troshina³

Stepan N. Ershov⁴

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

RESEARCH OF ENGRAVING OF VARIOUS METALS AND ALLOYS, USED IN JEWELLERY PRODUCTION

Abstract. The paper investigates the possibilities of engraving various metals and alloys used in jewellery production. The engraving of the samples was carried out in a glossy technique using mechanised processing on an engraving pneumatic system. As a result of the conducted experiments, the relationship between the quality of the engraved surface and the hardness and plasticity of materials is demonstrated. Conclusions and recommendations on the choice of optimal materials for engraving and adaptation of equipment modes for performing engraving work on various metals and alloys are formulated. These rec-

ommendations will be of interest to various specialists of jewellery production – jewellers, engravers, craftspeople working on engraving pneumatic systems.

Keywords: *engraving, mechanised engraving, jewellery metals and alloys, glossy technique, hardness, plasticity, gloss, jewellery production, jewellery*

For citation: Lebedeva T. V., Galanin S. I., Troshina O. A., Ershov S. N. Research of engraving of various metals and alloys, used in jewellery production. *Technologies & Quality*. 2022. No 1(55). P. 40–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-40-47>.

Гравирование – одна из популярных технологий, используемых в ювелирном производстве. Это уникальный процесс, с его помощью можно получать различные узоры, изображения, орнаменты; формировать художественный рельеф; выполнять врезную инкрустацию драгоценных и недрагоценных металлов и сплавов (всечку); выполнять операции для подготовки различных видов заготовки. Данный прием обладает широчайшим потенциалом по декорированию разнообразных ювелирных украшений, позволяет привнести в изделия элемент уникальности [1].

В последнее время технологии декорирования ювелирных изделий методом гравирования сильно изменились. Расширились их возможности, качество, спектр обрабатываемых материалов. Существуют различные технологии гравирования: ручная, механизированная, лазерная, на станках с ЧПУ. Все они обладают определенными возможностями, особенностями, преимуществами и недостатками. В работе исследуется технология механизированной гравировки, которая обладает широким спектром возможностей и позволяет получать глубокие, зеркальные (глянцевые)резы на поверхности металла практически любой твердости. Способность воссоздать идеальные «зеркала» на поверхности изделия является не только наивысшим показателем качества гравировки, но и важным аспектом с эстетической точки зрения.

Гравирование – очень трудоемкий процесс, от мастера требуется не только тщательно проработанный дизайн, но и умение подготавливать оборудование для нанесения рисунка на тот или иной материал. Наиболее простыми в технологическом плане и податливыми материалами являются сплавы на основе золота и серебра, а также некоторые сплавы на основе меди. Технология гравирования подобных материалов требует меньших финансовых и трудовых затрат по сравнению со сплавами на основе железа и титана. Если для получения необходимых механических свойств драгоценных сплавов на этапе легирования требуется подобрать необходимое процентное соотношение определенных примесей, то ситуация со сплавами на

основе железа и титана обстоит иначе, часто приходится перестраивать технологический процесс под металл, а не наоборот.

Наиболее распространенными металлами и сплавами, подвергаемыми гравировке в ювелирной промышленности и при декоративной обработке, являются: золото чистое и 585 и 750 проб, серебро чистое и 925 пробы, нейзильбер, мельхиор, латунь, бронза, медь, нержавеющая сталь, титан. Эти металлы и сплавы не только подвергаются декоративной обработке, но и сами могут являться элементами врезной инкрустации. Гравировка и инкрустация данных материалов, благодаря их механическим и эстетическим свойствам, обладает достаточно широким потенциалом: широкой цветовой палитрой различными показателями твердости и пластичности, стойкостью к воздействию окружающей среды, способностью демонстрировать различные визуальные эффекты. Однако на сегодняшний день в литературе практически отсутствуют рекомендации по выбору и адаптации оборудования механизированной гравировки для выполнения гравировальных работ по различным металлам и сплавам, а также сведения относительно получаемого глянца на поверхности гравированных материалов.

Основные задачи экспериментальной работы: исследование возможностей гравирования различных металлов и сплавов; исследование качества получаемого глянца и его зависимости от показателей твердости и пластичности; определение трудоемкости гравирования исследуемых материалов; выработка рекомендаций по определению режимов гравировки и подготовки инструментов для гравировки по исследуемым металлам и сплавам; формирование рекомендаций по выбору материала и адаптации режимов гравировального оборудования для выполнения гравировальных работ по различным металлам и сплавам.

Исследуемые металлы и сплавы

Для исследований использовались образцы в форме квадратного проката сечением 10×1 мм из следующих материалов: чистое золото 999 пробы, сплав ЗлСрМ 585-80, чистое серебро 999 пробы, сплав СрМ 925, медь М006,

нейзильбер МНЦ 15-20, мельхиор МН 19, латунь Л63, бронза BR10S, нержавеющая сталь 904L, сплав титана ОТ4.

Для лучшего визуального восприятия и получения контраста между матовой основной поверхностью заготовки и глянцем получаемого реза образцы обрабатывались наждачной бумагой абразивностью 600. Затем заготовки обезжиривались погружением в емкость со спиртовым раствором.

Экспериментальное гравирование образцов выполнялось в глянцевой технике, характерным признаком которой являются безукоризненно ровные и блестящие резы после прохождения штихелем.

Степень блеска – это величина интенсивности рассеивания света или способность металла блестеть и отражать свет, важный показатель для определения целесообразности декоративной обработки гравированием конкретного материала. Для определения уровня блеска за эталон принята степень глянца зеркала, равная 100. Измерение блеска производилось с помощью блескомера БФ5М согласно ГОСТ Р 52663–2006.

Для формирования рекомендаций по результатам исследований визуальных наблюдений недостаточно, необходимо учитывать точные показатели, характеризующие конкретные механические свойства металлов и сплавов. Наиболее актуальными механическими свойствами, способными прямо и косвенно объяснить поведение металла или сплава в процессе гравировальных работ, являются твердость и пластичность.

Твердость – способность материала противостоять проникновению в него другого более твердого тела. Трудозатраты при резании штихелем пропорциональны твердости.

Пластичность – свойство материала изменять свою форму под нагрузкой без появления трещин (без нарушения сплошности) и сохранять эту форму после снятия нагрузки [2].

Ниже приведены краткие характеристики исследуемых материалов.

1. **Чистое золото Зл 999** широко используется в граверном деле благодаря низкому показателю твердости, контрастному цвету и недрасположенности к окислению и коррозии. Как правило, чистое золото используется как материал для врезной инкрустации. Также чистое золото после всечтения в более твердый материал подвергают гравировке [3].

2. **Сплав ЗлСрМ 585-80** наиболее распространен в ювелирном деле, так как обладает оптимальными показателями твердости и пластичности, хорошо полируется и отлично бле-

стит. В граверном деле широко используется в качестве обрабатываемого материала и подвергается самой различной декоративной обработке. Также возможна инкрустация данным сплавом изделий из титана и стали.

3. **Чистое серебро Ср 999** используется в граверном деле наравне с чистым золотом, обладая аналогичными свойствами: пониженной твердостью, контрастным цветом и отсутствием предрасположенности к коррозии и окислению. В гравировке в основном применяется как врезной материал. Также чистое серебро после всечтения в более твердый материал подвергают гравировке.

4. **Сплав СрМ 925** наиболее распространен в ювелирном деле, так как обладает оптимальными показателями твердости и пластичности. В граверном деле сплав широко используется как обрабатываемый материал и подвергается самой различной декоративной обработке.

5. **Медь М00б** используется в граверном деле, однако по сравнению с чистым золотом и серебром у нее преимуществ значительно меньше. Главный минус меди – повышенная окислительная способность. Она гораздо тверже чистого серебра, пластична, хорошо полируется и блестит. Однако из-за высокого показателя вязкости резы после прохождения штихелем не обладают глянцем. В гравировке в основном используется как врезной материал, так как высокий уровень вязкости не позволяет осуществлять качественную гравировку. Медь обладает контрастным цветом и приемлемым показателем твердости для врезной инкрустации.

6. **Мельхиор МН 19** достаточно популярен у ювелиров благодаря сбалансированным механическим свойствам. Если не считать относительно высокую температуру плавления и уступающий уровень блеска по сравнению со сплавом серебра 925 пробы, то мельхиор является хорошим аналогом с достойным показателем твердости, пластичности и пригодности к гравировке. Как врезной материал в граверном деле не используется.

7. **Нейзильбер МНЦ 15-20** почти не уступает по механическим свойствам мельхиору, кроме слегка повышенного уровня твердости из-за наличия цинка. Пластичен, хорошо полируется, обладает достаточным уровнем блеска, так же как и мельхиор пригоден для гравировальных работ [4].

8. **Латунь Л63** в связи с высоким содержанием цинка обладает хорошими механическими свойствами и относительной дешевизной по сравнению со сплавами, содержащими больше меди. Обладает высокой эстетической

ценностью, показатели твердости и пластичности близки к таковым у серебра 925 пробы. Сплав не очень пригоден для гравировки в силу своей вязкости, однако легко поддается резанию. Как врезной элемент в граверном деле используется редко [5].

9. **Оловянная бронза BR10S** – универсальный сплав для литья по выплавляемым моделям. Имеет отличную механическую прочность и пониженный уровень пористости. В граверном деле используется исключительно как обрабатываемый материал [5].

10. **Нержавеющая сталь AUSI 904L (06ХН28МДТ)** имеет высокий показатель устойчивости к коррозии и высокое сопротивле-

ние к окислению. Обладает высоким уровнем твердости и относительной пластичностью, сложно полируется. Хорошо поддается гравировке, пластичность сплава обеспечивает комфортное формирование и прочность заусенцев в выбранных полостях для всечтения мягкого металла.

11. **Сплав титана OT4** отличается гипоаллергенностью, высокой стойкостью к коррозии и малым удельным весом. Имеет очень высокие показатели твердости и низкий уровень пластичности, не полируется вручную. Работать с этим материалом очень тяжело из-за крайне высоких показателей твердости и вязкости [7]. Показатели твердости и пластичности исследуемых металлов и сплавов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица показателей твердости и пластичности

Металл (сплав)	Твердость по Бринеллю, НВ	Пластичность, %
Чистое золото	18	60
Чистое серебро	25	60
Медь М00б	35	60
Сплав СрМ 925	60	50
Латунь Л63	68	45
Сплав ЗлСрМ 585-80	89	50
Мельхиор МН 19	93	45
Нейзильбер МНЦ 15-20	99	45
Бронза BR10S	115	40
Нержавеющая сталь 904L	147	35
Сплав титана OT4	246	10

Оборудование и инструменты для исследований

Для проведения экспериментов использовались следующие оборудование и инструменты.

Гравировальная пневмосистема Graver Smith предназначена для приема воздуха под давлением с последующим перенаправлением воздушного потока в виде импульсов в накопитель.

Воздушный безмасляный компрессор CL751-35 предназначен для накачки воздуха и направления его под определенным давлением в гравировальную установку.

Наконечник QC 901 – прибор для установки державки, предназначен для приема воздушных импульсов и передачи ударной силы за счет движущегося бойка в плунжере.

Державка – инструмент для фиксации штихеля.

Штихель – основной штихель для выполнения гравировки в глянцевого техники. Штихель – режущий инструмент для гравирования, представляет собой цельную продольную спицу длиной 4 см. Для проведения эксперимента использовались спицы марки С-Мах из карбида вольфрама, который обладает высокой твердостью, пониженной хрупкостью и способен выдерживать значительные нагрузки, при-

кладываемые в процессе гравирования и за-крепки камней.

Шарногель MicroBlock необходим для фиксации заготовки в процессе гравирования. Представляет собой тиски, зафиксированные на сферической форме, вращающиеся на 360° по горизонтали. Сам шарногель установлен на подставке и за счет сферической формы способен вращаться на 180° по трем осям X, Y, Z.

Микроскоп HAYEAR 3.5X-45X Simul-Focal необходим для выполнения более качественных и точных работ, детального осмотра получаемого реза. Имеет возможность фиксации светодиодной лампы.

Power Hone – мотор, вращающий сменные заточные диски разной зернистости. Необходим для быстрой заточки штихеля под нужным углом.

Шаблон 120° предназначен для заточки профиля штихеля.

Таймер необходим для фиксации времени гравирования.

Методика эксперимента

В процессе эксперимента на подготовленных образцах вырезались одинаковые закольцованные линии с определенными параметрами (глубина реза, ширина реза и длина прорезае-

мой линии). В ходе эксперимента фиксировалось количество проходов штихелем по прорезаемой линии и временные затраты для достижения необходимого результата, а также состояние штихеля после выполнения задания. Эксперимент включает в себя следующие основные этапы.

1. **Заточка штихеля.** Заточку начинают с формирования универсального угла атаки, составляющего $52,5^\circ$. Затем затачивают угол подъема под постоянным углом в 5° , одновременно формируя соответствующий профиль. Далее приступают к формированию угла фасок, который, как правило, составляет 15° – 17° (рис. 1). Все операции над спицей производят при помощи шаблона для заточки штихеля, изготовленного из полимерного стекла и стального фиксатора, фиксирующего державку со спицей и соединяющего их с шаблоном.

2. **Настройка микроскопа** производится по стандартной методике.

3. **Настройка гравировальной системы.** Параметры настройки системы выбирались стандартными, рекомендуемые производителем. Включают компрессор и ожидают завершения накачки воздуха. На манометре компрессора выставляют давление, необходимое для стабильной работы системы в 2 атмосферы. Поворачивают рычаг, высвобождающий воздух и направляющий его в систему. Проверяют давление манометра компрессора. Убедившись, что давление не упало, включают Graver Smith (не-

соблюдение очередности включения и величины рабочего давления может привести к поломке системы). На системе выставляют частоту ударов (для выполнения стандартных работ стрелка должна находиться между 23 и 33). Сбрасывают давление на манометре, если оно есть. Берут наконечник в левую руку и прикладывают к уху. Правой ногой осуществляют полунажатие на педаль и правой рукой медленно увеличивают давление на манометре. Когда плунжер прекратит удары, система будет готова начать работу.

4. **Гравирование.** Заготовку зажимают в тисках шарногеля. Циркулем по металлу очерчивают из одной точки сначала круг диаметром 7 мм, затем круг диаметром 6 мм. Так получают закольцованную линию длиной около 2 см. Острые штихеля устанавливают между очерченными границами прорезаемой линии и нажатием на педаль начинают гравировать, углубляя штихель на необходимую глубину, равную 0,5 мм. Резец ведут до тех пор, пока круг не будет полностью вырезан, параллельно засекая продолжительность резания. Если твердость металла не позволяет обеспечить необходимую глубину и ширину реза, процедуру повторяют, пока очерченная область не будет полностью вырезана.

5. **Контроль.** Проводят визуальный осмотр всех отгравированных образцов под микроскопом, измерение степени блеска, полученные результаты заносят в таблицу.

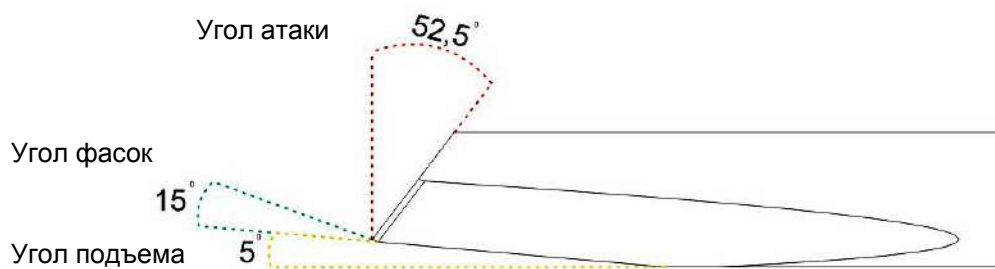


Рис. 1. Углы заточки штихеля

Результаты исследования

В ходе исследования отгравированы закольцованные линии глубиной 0,5 мм и шириной в 1 мм на одиннадцати образцах (рис. 2).

По результатам исследования сформирована диаграмма расположения образцов от самого матового до самого глянцевого реза (рис. 3). Критерии распределения металлов по принадлежности к конкретной группе блеска

представлены в табл. 2. Результаты исследования особенностей гравирования различных металлов и сплавов представлены в табл. 3. В процессе гравирования более твердых материалов возможно скалывание «носика» штихеля, в связи с этим необходимо адаптировать параметры заточки штихеля. В табл. 3 приведены экспериментально определенные рекомендуемые углы заточки штихеля при обработке стали и титана.



Рис. 2. Вырезанные закольцованные линии



Рис. 3. Диаграмма показателей глянца

Таблица 2

Группы блеска поверхности

Группа блеска	Степень блеска, %	Внешний вид
Матовая	0...10	Слабо отражает свет
Полуматовая	11...35	Дает слабый блеск
Полуглянцевая	36...60	Средняя степень блеска
Глянцевая	61...80	Притягивает внимание. Подчеркивает неровности. Глянцевые резы с блестящим эффектом
Высокоглянцевая	80...100	Отражает много света, сильно блестящий эффект

Таблица 3

Результаты исследования особенностей гравирования различных металлов и сплавов

Металл (сплав)	Зл 999	Ср 999	СрМ 925	ЗлСрМ 585-80	Бронза BR10S	Мельхиор МН 19	Нейзильбер МНЦ 15-20	Латунь L63	Медь M006	Сталь 904L	Титан OT4
Продолжительность обработки, мин	1,05	1,13	1,34	1,45	2,25	1,47	1,56	1,37	1,29	3,56	7,12
Положение металла в перечне исследуемых, относительно уровня полученного глянца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество проходов штихелем по прорезаемой линии	1		2					1		3	5

Окончание табл. 3

Металл/сплав	Зл 999	Ср 999	СрМ 925	ЗлСрМ 585-80	Бронза BR10S	Мельхиор МН 19	Нейзильбер МНЦ 15-20	Латунь Л63	Медь М00б	Сталь 904L	Титан OT4
Состояние штихеля после выполнения задания	Чистые фаски					Загрязненные фаски			Чистые фаски	Загрязненные фаски	
Экспериментально определенные рекомендуемые особенности заточки инструмента						Ат. 52,5*; Под. 17**			Ат. 70 Под. 25		

Примечания: * Ат. – угол атаки, град;

** Под. – угол подъема, град.

Выводы и рекомендации

По итогам исследования возможностей гравирования различных металлов и сплавов сформированы следующие выводы и рекомендации.

1. Наилучшим глянцем обладают чистое золото, чистое серебро и сплавы на их основе. Средний глянец имеют сплавы на основе меди. И почти отсутствие глянца, матовый рез наблюдается у стали и титана.

2. Прослеживается взаимосвязь между уровнем получаемого глянца и показателями твердости и пластичности исследуемых материалов. Чем выше показатель твердости, тем ниже уровень глянца получаемого реза. Чем ниже уровень пластичности, тем более матовым получается рез.

3. Исключения по обоим показателям составили чистая медь М00б и латунь Л63. В ходе исследований данные материалы показали полуматовый уровень глянца, несмотря на то, что не являются твердыми материалами. Скорее всего, результат чистой меди обусловлен высоким показателем вязкости металла. Полуматовый рез латуни, возможно, связан с высоким содержанием цинка, так как режущая кромка штихеля после гравировки была загрязнена. Аналогичная ситуация прослеживается и с нейзильбером, где также присутствует цинк.

4. К сплаву, не поддерживающему общую тенденцию, можно отнести и бронзу BR10S. Бронза относится к группе твердых материалов, но, несмотря на это, срезанная грань глянцевая.

Возможно, полученный результат обусловлен наличием в составе сплава олова.

5. Эксперимент показал необходимость изменения углов заточки штихеля относительно стандартных параметров при выполнении гравировальных работ по стали и титану, а также изменения режимов настройки гравировальной пневмосистемы при выполнении работ по чистому золоту и серебру.

6. Для гравировки по стали и титану необходимо увеличить угол фасок от универсального значения в 15° до 25°...30°, а также увеличить угол атаки с 52,5° до 60°...70°. Данная мера предотвратит скалывание носика у штихеля во время гравировки и позволит реже подполировывать резец.

7. Для гравировки по чистому золоту и серебру не подходит стандартный режим настройки частоты ударов в минуту, равный 2400. Штихель «забурируется» в мягкий металл. Для решения этой проблемы необходимо увеличить частоту ударов в минуту до 3300, что позволит вести штихель по поверхности металла, обеспечивая отсутствие брака.

8. Оптимальными материалами для гравирования в глянцевой технике являются сплавы СрМ 925, ЗлСрМ 585-80 и BR10S. Они отличаются сбалансированными механическими свойствами, обладают достаточно высокими показателями глянца, демонстрируют высокие технологические показатели в процессе гравирования, не требуют изменения параметров и дополнительной настройки оборудования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства : учеб. издание / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
2. Пластичность металлов // Библиотека технической литературы : информационный сайт. URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/18/11.htm> (дата обращения: 11.08.2021).
3. Физические и химические свойства золота, проба золота // Золотодобыча. Добыча золота, технологии, оборудование : информационный сайт. URL: <https://zolotodb.ru/article/10060> (дата обращения: 11.08.2021).
4. ГОСТ 5187–2003. Ленты из мельхиора, нейзильбера и монеля. Технические условия. Введ. 2004–09–01. М. : Изд-во стандартов, 2004. 15 с.

5. Свойства латуни. Латуни и латунный прокат : информационный сайт. URL: <http://normis.com.ua/latun> (дата обращения: 15.02.2021).
6. Художественное литье бронзы – ювелирная бронза BR10S : информационный сайт. URL: <https://bronzamania.ru/blogs/blog/vse-o-yuvelirnoy-bronze> (дата обращения: 11.08.2021).
7. OT4 – титановый деформируемый сплав // Марочник стали и сплавов : информационный сайт. URL: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1293 (дата обращения: 11.08.2021).

REFERENCES

1. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Technology of jewelry production. Moscow, SPM-Industry, 2017. 511 p. (In Russ.)
2. Ductility of metals // Library of technical literature: information site. (In Russ.). URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/18/11.htm> (accessed 11.08.2021).
3. Physical and chemical properties of gold, gold sample // Zolotodocha. Gold mining, technology, equipment: information site. (In Russ.). URL: <https://zolotodb.ru/article/10060> (accessed 11.08.2021).
4. GOST 5187–2003. Lenty iz mel'hiora, nezil'bera i monelya. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 5187–2003. Ribbons of melchior, neisilber and monel. Specifications]. 2004–09–01. Moscow: Publishing House of Standards, 2004. 15 p. (In Russ.)
5. Properties of brass. Brass and brass rental: information site. (In Russ.). URL: <http://normis.com.ua/latun> (accessed 15.02.2021).
6. Artistic bronze casting – jewelry bronze BR10S: information site. (In Russ.). URL: <https://bronzamania.ru/blogs/blog/vse-o-yuvelirnoy-bronze> (accessed 11.08.2021).
7. OT4 – Titanium Deformable Alloy // Steel and Splice Label: information site. (In Russ.). URL: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1293 (accessed 11.08.2021).

Статья поступила в редакцию 18.01.2022
Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 620; 67.01; 67.02

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-48-52

Леонид Сергеевич Карасёв¹

Сергей Александрович Шорохов²

Алексей Владимирович Кротов³

Сергей Алексеевич Гамаянов⁴

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

¹leon.no81@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-8910-3019>

²s_shorohov@ksu.edu.ru. <http://orcid.org/0000-0001-9409-9432>

³alex19.99black@mail.ru. <http://orcid.org/0000-0002-3874-8087>

⁴gamayanov@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5790-2924>

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ МОДЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЕЙ FDM-ПЕЧАТИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности полимерных материалов, применяемых в 3D-печати. Производится анализ и сравнение величины линейного отклонения, уровня неровности и шероховатости поверхности полимерных прототипов из различных материалов. Приведены технические рекомендации, касающиеся возможностей применения 3D FDM печати и особенностей выбора полимерного материала для применения его в качестве строительного материала для изготовления прототипов художественных моделей.

Ключевые слова: FDM-печать, PLA-пластик, ABS-пластик, PETG-пластик, 3D-технологии, аддитивное производство, полимеры

Для цитирования: Карасёв Л. С., Шорохов С. А., Кротов А. В., Гамаянов С. А. Особенности деформации моделей, полученных технологией FDM-печати из различных полимеров // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 48–52. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-48-52>.

Leonid S. Karasev¹

Sergey A. Shorohov²

Aleksey V. Krotov³

Sergey A. Gamayanov⁴

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

PECULIARITIES OF DEFORMATION OF MODELS OBTAINED BY FDM-PRINTING TECHNOLOGY FROM DIFFERENT POLYMERS

Abstract. This article deals with the peculiarities of polymeric materials used in 3D printing. It analyses and compares the linear deviation value, the level of roughness and surface roughness of polymer prototypes made of different materials. Technical recommendations are given concerning the possibilities of 3D FDM printing and peculiarities of polymer material selection for its use as a building material for the production of prototypes of artistic models.

Keywords: FDM printing, PLA plastic, ABS plastic, PETG plastic, 3D technology, additive manufacturing, polymers

For citation: Karasev L. S., Shorohov S. A., Krotov A. V., Gamayanov S. A. Peculiarities of deformation of models obtained by FDM-printing technology from different polymers. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 48–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-48-52>.

Введение

Аддитивные технологии, а именно технологии 3D-печати, стали неотъемлемой частью технологической цепочки производства юве-

лирно-художественных изделий на современных предприятиях. В ювелирной промышленности 3D-печать используется для получения высокоточных прототипов, которые применяются в качестве моделей в технологическом процессе литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) [1].

© Карасёв Л. С., Шорохов С. А., Кротов А. В.,
Гамаянов С. А., 2022

Однако подобные предприятия широко используют лишь малую часть технологических решений, например, MJM (Multi Jet Modeling / технология многоструйной печати) и DoD (Drop on Demand / технология многоструйной печати с фрезерной корректировкой каждого последующего слоя печати). Менее используемыми являются технологии SLA (Stereo Lithography Apparatus / технология лазерной стереолитографии) и DLP (Digital Light Processing / технология цифровой обработки света) [2]. Все остальные технологии 3D-печати спросом не пользуются, так как по большей части с их помощью невозможно производить прототипы из выплавляемых материалов. Однако существует одна весьма популярная технология, способная печатать 3D-модели из выплавляемых материалов, не используемая современными ювелирно-художественными производствами, – FDM (Fused Deposition Modeling / технология послойного наплавления материала) [3].

Технология FDM-печати позволяет создавать экономически выгодные, сложные полимерные прототипы деталей, механизмов и многое другое без особых усилий. Но применение FDM-печати под создание художественных прототипов с возможностью дальнейшего использования их в качестве выплавляемых моделей в процессе литья многократно усложняет процесс. Это связано с геометрическими параметрами художественных моделей, как правило, они более сложные и утонченные, требуют детальной проработки мелких деталей [1].

В представленной работе рассматриваются величины линейного отклонения, уровня неровности и шероховатости поверхности полимерных прототипов из различных материалов, применяемых в FDM-печати.

Методика проведения эксперимента

Для исследований были выбраны чаще всего используемые в FDM-печати пластики: ABS (акрилонитрилбутадиенстирол АБС, по международному обозначению ABS), PLA (полилактид ПЛА, по международному обозначению PLA) и PETG (полиэтилентерефталатгликоль ПЭТГ, по международному обозначению PETG) [4]. Из каждого материала были напечатаны следующие экспериментальные образцы:

- куб и цилиндр (10×10×10 мм);
- пустотелые куб и цилиндр (12×12×12 мм, толщина стенки 1 мм);
- параллелепипеды с барельефом и контррельефом (10×10×2 мм, высота рельефа 1 мм).

У полимеров существует рекомендуемая температура нагрева для экструзии при печати, они также обладают различными коэффициен-

тами температурного расширения [4]. Поэтому образцы, напечатанные из разного пластика, будут отличаться геометрическими размерами в результате температурной усадки при остывании в процессе печати.

На изменение геометрических размеров при печати влияют физические и технические факторы [3]. К физическим факторам относится количество абсорбированной влаги из окружающей среды. Технические – кинематика принтера, качество расходных материалов самого устройства, программные настройки печати. Для снижения влияния указанных факторов на погрешность измерений все образцы печатались на одной экспериментальной установке открытого типа (без закрытого корпуса) с диаметром сопла 0,3 мм и высотой слоя 0,1 мм. Температуры нагрева печатного сопла и стола для печати:

- ABS – сопло 240 °С, стол 100 °С, скорость обдува 45 % ≈ 1650 об./мин;
- PLA – сопло 215 °С, стол 50 °С, скорость обдува 80 % ≈ 2600 об./мин;
- PETG – сопло 235 °С, стол 70 °С, скорость обдува 80 % ≈ 2600 об./мин.

После печати замерялись геометрические параметры образцов в пяти положениях электронным штангенциркулем ШЦЦ-1-125-0.01 и усреднялись. Полученные данные сравнивались с параметрами эталонной трехмерной модели, по которой был получен G-код для печати.

Для детального изучения поверхности полимерных прототипов после печати использовался металлографический микроскоп МЕТАМ 32-ЛВ с увеличением ×75, ×150 и ×300.

Для анализа неровности поверхности пластиковых образцов использовался двойной микроскоп МИС-11. Точность измерения до ±0,001 мм. На приборе производилось измерение верхнего и нижнего уровня неровности (рис. 1). Параметр неровности поверхности R_z определялся по десяти точкам при отсчете от базовой линии по формуле [5]

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{\max i} - \sum_{i=1}^5 h_{\min i} \right) E. \quad (1)$$

В упрощенном виде:

$$R_z = H E, \quad (2)$$

где R_z – высота неровности профиля по 10 точкам, мкм;

H – разность отсчета по вершинам и впадинам;

$$H = |H_{\max} - H_{\min}|, \quad (3)$$

где H_{\max} – среднее арифметическое из 5 отсчетов по вершинам;

H_{\min} – среднее арифметическое из 5 отсчетов по впадинам;

E – цена деления, мкм.

Фокусное расстояние используемого объектива $F = 8,16$.

При данном фокусном расстоянии цена деления $E = 0,0275$ мкм.

Измерения производились в 10 точках на каждом образце, все полученные данные формировались в таблицы Excel и усреднялись.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Большинство геометрических параметров в сравнении с эталонной 3D-моделью уменьшилось под влиянием температурной усадки. Зафиксированы также и значения, превышающие эталонные размеры, что обусловлено издержками

технологии FDM-печати. При печати полойно наплавляется пластиковая нить, материал укладывается на наращиваемую поверхность, а сверху поджимается печатным соплом. Часть материала при этом неизбежно выдавливается в стороны, что и приводит к изменению геометрии напечатанных прототипов.

Усредненные экспериментальные показатели максимальных значений усадки пластиков при печати составили, мм: ABS – 0,037; PLA – 0,034; PETG – 0,038 (рис. 2). Эти показатели отличаются незначительно, поэтому при печати из этих материалов можно увеличивать линейные размеры модели на $\Delta = 0,04$ мм. Полученное значение Δ не следует конвертировать в процентное соотношение, отклонение в процентах изменяется в зависимости от габаритных размеров прототипа, а Δ постоянно и не зависит от размеров.

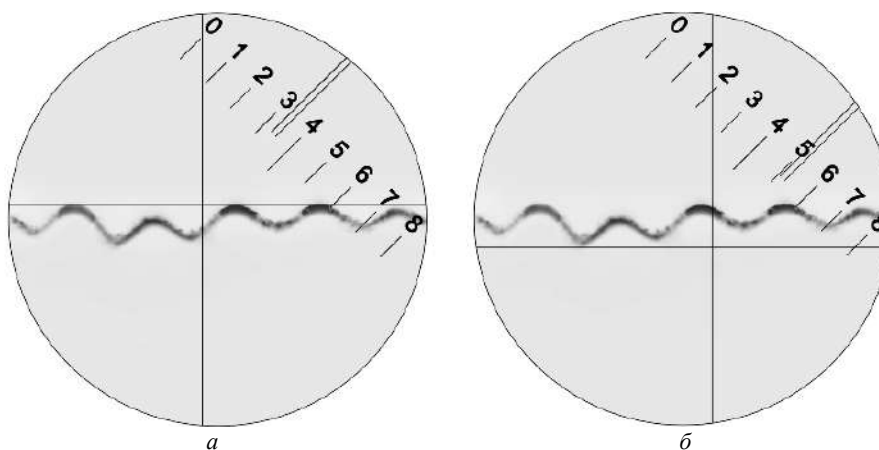


Рис. 1. Фотографии неровности поверхности образца.
Уровни неровностей: а – верхний; б – нижний

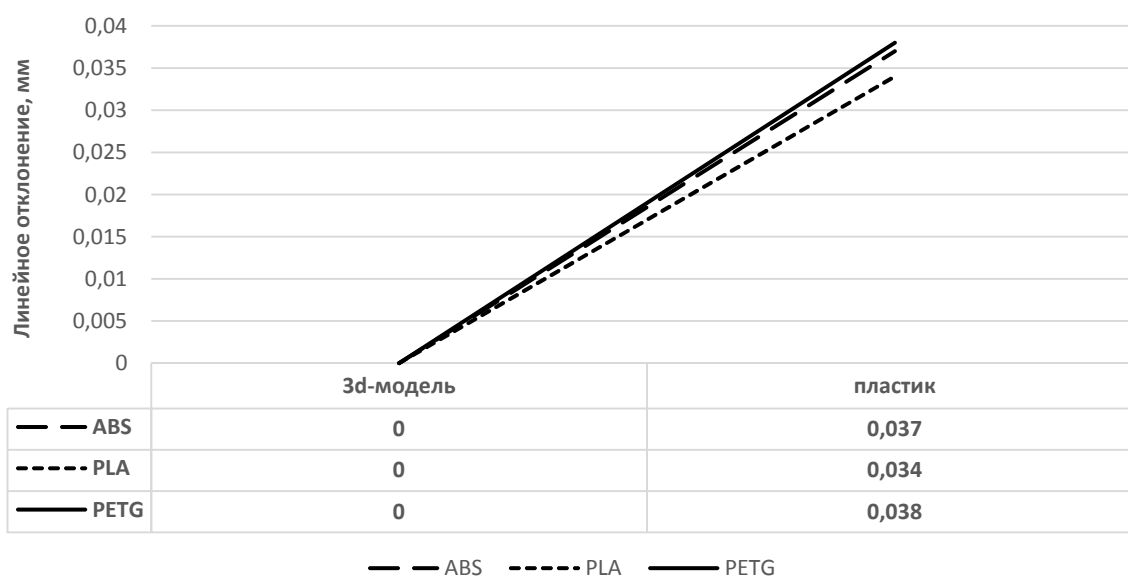


Рис. 2. Экспериментальная зависимость линейного отклонения размеров 3D-моделей из различных пластиков от заданных

При микроскопических исследованиях на поверхности полимерных прототипов после печати обнаружены микропоры следующих размеров, мкм:

ABS = 1...15;

PLA = 1...30;

PETG = 1...25.

Количество микропор на 1 мм²:

ABS = 10...15;

PLA = 10...30;

PETG = 5...10.

Большинство микропор незначительных размеров, крупные микропоры встречаются крайне редко. Некоторые из дефектов являются воздушными пузырьками, которые просматриваются на поверхности, но не являются порами, так как закрыты тонкой поверхностной пленкой. Они были включены в расчеты как микропоры, так как в процессе вакуумирования при формовке данных образцов тонкая пленка может не удержать воздушный пузырь, вследствие чего образуется микропора.

Фотографии поверхности, полученные с металлографического микроскопа МЕТАМ 32-ЛВ при увеличении $\times 150$, приведены на рис. 3, размер каждого снимка соответствует 10 мм².

Экспериментально определена неровность поверхности пластиковых образцов, мкм: ABS – 46,1; PLA – 46,8; PETG – 51. Все значения различны, но достаточно высоки, что связано с послойной печатью, в результате которой формируется определенный рельеф, не вписы-

вающийся в рамки показателей шероховатости, поэтому применяется термин «неровность».

ВЫВОДЫ

1. Из проведенных исследований следует, что различные по своему химическому составу, а следовательно, и по физико-механическим свойствам полимеры не позволяют получать одинаковый результат геометрических параметров, уровня неровности, шероховатости в образце.

2. Каждый из исследованных полимеров может быть применен в качестве строительного материала для моделей, но на этапе проектирования (построения 3D-модели) следует вносить конкретные для каждого используемого материала корректировки с учетом его физико-механических свойств. Необходимо печатать тестовый образец, производить замеры геометрических данных тестового прототипа и сравнивать полученные данные с исходными данными 3D-модели, разность данных следует вносить в качестве корректировок в трехмерную модель.

3. Использование материалов одной классификации (например, ABS), но разных производителей, различного цвета и т. д. неизбежно повлечет за собой необходимость проведения аналогичных исследований для выявления конкретных физико-механических свойств материалов, которые необходимо учитывать на этапе 3D-проектирования.

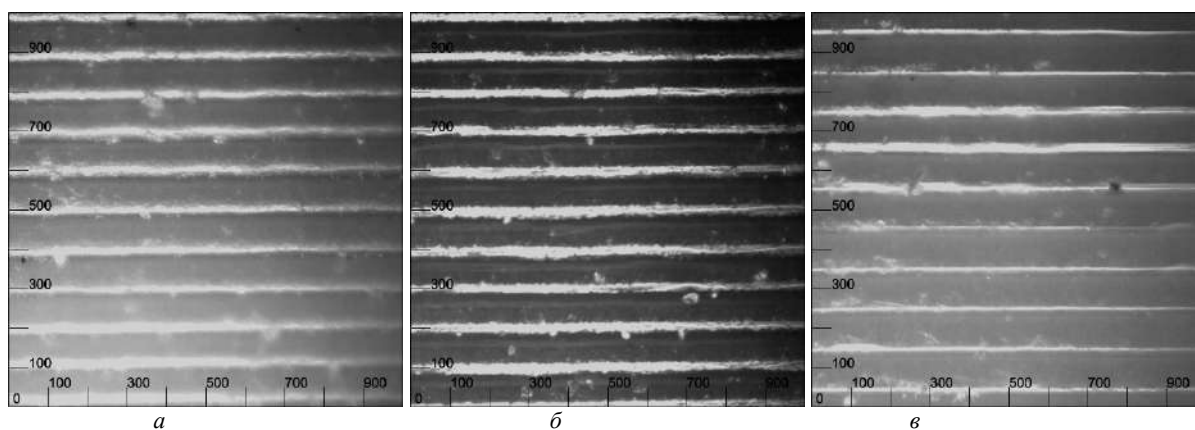


Рис. 3. Фотографии поверхности образцов из различных пластиков, $\times 150$:
а – ABS; б – PLA; в – PETG

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства : учеб. издание / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
2. Антонова В. С., Осовская И. И. Аддитивные технологии : учеб. пособие. СПб., 2017. 30 с.
3. Руководство по проектированию художественных прототипов под FDM-печать / Л. С. Карасёв, С. А. Гамаянов, А. В. Кротов, А. Н. Шемякин // Научные исследования и разработки в области

дизайна и технологий : материалы Всероссийской научно-практической конференции : в 2 ч. Кострома, 2021. Ч. 1. С. 118–121.

4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. М. : Машиностроение, 1979. 728 с.
5. Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Технологии и материалы 3D-печати : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 101 с.

REFERENSES

1. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Technology of jewelry production. Moscow, SPM-Industry, 2017. 511 p. (In Russ.)
2. Antonova V. S., Osovskaya I. I. Additive technologies. Sankt-Peterburg, 2017. 30 p. (In Russ.)
3. Karasyov L. S., Gamayanov S. A., Krotov A. V., Shemyakin A. N. Guide to designing art prototypes for FDM printing. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij*: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Scientific research and development in the field of design and technology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Kostroma, Kostrom. State University, 2021, pp. 118–121. (In Russ.)
4. Anuryev V. I. Handbook of a mechanical engineer. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1979. 728 p. (In Russ.)
5. Shkuro A. E., Krivonogov P. S. Technologies and materials for 3D-printing. Ekaterinburg: Ural. St. Forest Engineering Univ. Publ., 2017. 101 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 18.01.2022
Принята к публикации 22.02.2022

Научная статья

УДК 7.04, 745

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-53-58

Елена Николаевна Максимова-Анохина

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

maksimova-anohina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3561-9220>

ПОНИМАНИЕ ФОРМЫ И ПРИЕМЫ ЕЕ АНАЛИЗА ПРИ ОБУЧЕНИИ ДИЗАЙНЕРОВ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В данной статье рассматриваются форма и процессы ее восприятия, а также приемы создания форм и формообразования в художественных произведениях. Проблемы понимания формы, ее характеристик, затронутые в статье, являются важными для изучения учебного материала по предмету «Живопись» и «Цветовая композиция в ювелирно-художественных изделиях и изделиях декоративно-прикладного искусства» для студентов направлений подготовки: 54.03.02 «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» и 54.03.03 «Искусство костюма и текстиля».

Ключевые слова: форма, выразительность, целостность формы, силуэт, формообразование, конструкция, эскиз ювелирного изделия

Для цитирования: Максимова-Анохина Е. Н. Понимание формы и приемы ее анализа при обучении дизайнеров ювелирных изделий // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 53–58. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-53-58>.

Original article

Elena N. Maksimova-Anokhina

Kostroma State University, Kostroma, Russia

UNDERSTANDING THE FORM AND TECHNIQUES OF ITS ANALYSIS WHEN TEACHING JEWELLERY DESIGNERS

Abstract. This article examines the forms and processes of its perception, as well as techniques for creating forms and shaping in works of art. The problems of understanding the form, its characteristics, touched upon in the article, are useful for studying educational material on the subject “Painting” and “Colour composition in jewellery and art products and products of decorative and applied art” for students in the direction of preparation: 54.03.02 “Decorative and applied arts and handicrafts” and 03.54.03 “The art of costume and textiles”.

Keywords: form, expressiveness, integrity of form, silhouette, shaping, construction, jewellery sketch

For citation: Maksimova-Anokhina E. N. Understanding the form and techniques of its analysis when teaching jewellery designers. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 53–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-53-58>.

Введение

Творческий процесс мышления неизменно связан с визуализацией форм и образов. Это могут быть конкретные формы, которые существуют в действительности и которые художник воплощает в своем творчестве, или те формы, которые родились в сознании автора на основе раннего визуального опыта и эмоциональных ассоциативных впечатлений.

Художник, работая с натуры, изначально анализирует увиденные им формы, изображает их реалистично или условно-абстрактно в задуманной им композиции.

Таким образом, прежде чем приступить к изображению натуры или созданию ювелирных эскизов, студент должен четко представлять форму предметов и из каких вспомогательных форм она состоит. Независимо от того, какой характер форм он собирается использовать в своей работе, он должен думать об общем соотношении изображаемых форм и пространства внутри композиции.

Эволюция передачи формы в произведениях художников разных эпох

Чаще всего художники разных эпох изображали окружающие предметы и объекты, правдиво передавая их форму и все ее материальные качества. Вся школа академического

искусства была построена на реалистичном изображении формы.

Говоря о сущности реалистического рисунка, П. П. Чистяков отмечал: «Строгое, полное рисование требует, чтобы предмет был нарисован, во-первых, так, как он кажется нашему глазу и, во-вторых, как он существует» [1, с. 32].

На рубеже XIX–XX веков художники пытаются переосмыслить реально существующие природные формы, используя приемы трансформации объектов. Несмотря на то что общее восприятие реально существующей в действительности формы у всех смотрящих на нее схоже, существует и ее субъективное восприятие, основанное на ассоциативном опыте и эмоциональном отклике на образ.

В творчестве французских импрессионистов можно наблюдать стремление трактовать форму несколько иначе, а точнее, главными действующими объектами их изображения становятся воздух и свет. Сами же формы объектов природы, предметов изображались более расплывчатыми, окутанными воздухом, освещенными светом с отсутствием четких контурных очертаний. Но при этом они не отказываются от формы как таковой.

Кубисты на своих холстах воплощали идею упрощения предметов до геометрических форм – шара, куба, цилиндра, призмы. Также они пробовали изображать один и тот же предмет с разных сторон одновременно.

Яркий представитель кубизма Пабло Пикассо, изображая предметный мир, как бы расчленял реальные предметы и объекты на части и затем укладывал эти части по-другому. Русский художник Павел Филонов в своей аналитической живописи использовал традиции кубизма, разделяя форму объекта на множество мелких форм «атомов».

В эпоху модерна во всех элементах композиции прослеживается единый орнаментальный стилизованный ритм. Здесь выступают на первый план именно стилизованные формы как в живописи, графике, архитектуре, так и в ювелирном искусстве.

Орнамент как основополагающая инстанция стилеобразования становится в эпоху модерна всепоглощающим, проникающим во все виды изобразительного, прикладного, архитектурного искусства. Он не только изображает, но и переходит в новое качество формообразования. Линия является фундаментом новой орнаментики. Но линия неразрывно связана с формой, объемом, пространством, она строит форму [2, с. 61].

В 1920-х годах художники абстракционисты совсем отказались от привычных природных форм в пользу создания новых форм, которые существуют отдельно от реальных объектов. Василий Кандинский в своих композициях, стремясь передать свое отношение к миру, придавал особое значение сочетанию пятен, линий. Пит Мандриан использовал в своем творчестве плоскую форму из сочетания линии и цветовых плоскостей, варьируя толщину линии и размер прямоугольников.

Основатель супрематизма Казимир Малевич в поисках совершенства формы создал множество работ, изображая на холсте геометрические фигуры, наделяя их смысловым значением. Квадрат, по его мнению, считался самой чистой основополагающей формой, которая содержит в себе символические образы. В его работе «Черный квадрат», как и во многих других, имеет значение не только форма, но и соотношение масс и пропорции белого и черного.

Художники направления оп-арта в изображении любой формы использовали различные оптические иллюзии, которые преобразовали и изменяли форму при ее восприятии. Они использовали главным образом геометрические фигуры, расположенные в четкой математической проекции так, чтобы создавалась иллюзия движения, глубины или колебаний с целью обмануть глаз зрителя.

Сторонники концептуализма считали, что идея произведения и смысл формы имеет большее значение, чем его визуальное изображение. При этом идеи формы могут существовать в виде текстов, фраз, фотографии. Так, художник Джозеф Кошут в произведении «Один и три стула» выражает концепцию того, что важен не сам предмет как предметная форма, а идея формы данного предмета. Художник в данной работе использует три приема характеристики одной формы: сам предмет, фотографию его и описание этого предмета.

Таким образом, для художника при создании произведения главными моментами являются не только предметность реального мира, но и его личная способность к визуальному мышлению. Зримый характер изображаемого объекта, его наглядность неразрывно связаны с впечатлениями художника и условиями зрительного восприятия, в том числе и в случае отхода от реальности [3, с. 5].

Восприятие формы и приемы формообразования

Вне зависимости от того, как художник пытается в своем произведении передать форму, абстрактно или реалистично, он изучает реаль-

ный мир с его реальными формами. В ходе творческого процесса он отталкивается от форм, существующих в действительности.

Форма – это единство зримых внешних поверхностей и внутренней конструкции объекта.

Процесс восприятия формы, так же как и ее изображения, основан на двух установках зрения: далекой и осязательной. При далеком восприятии (симультанном) предметы и объекты рассматриваются издали и воспринимаются плоско и силуэтно. Осязательное восприятие формы связано с двигательной способностью глаза человека, позволяющего с близкого расстояния осмотреть форму – это то, что мы видим вблизи. Художник при работе с натуры чередует эти две установки зрения для более верного изображения.

Первоначальное восприятие формы идет через анализ ее силуэта, особенно если объект находится на большом расстоянии от смотрящего. Известно, что все удаленные объекты от зрителя вследствие действия законов воздушной перспективы теряют объем и характер очертания формы, воспринимаются в виде силуэтов.

Являясь плоской проекцией объекта и эффективным средством восприятия, силуэт позволяет выделить его из окружения за счет величины формы, тонального или цветового пятна и контура. Все смысловые оттенки при восприятии силуэта важны по внешней структуре: отношения силуэтного пятна к фону, подчеркнутость заданностью контура [3, с. 28].

Русская художница Елизавета Кругликова работала в технике силуэтного изображения. По выразительности силуэта, его структурного очертания легко узнаются образы и тематические композиции (рис. 1).

Важно, чтобы при изображении предмета получилось не просто его срисовать похожим на натуру, но четко построить, учитывая ее внутреннюю конструкцию.



Рис. 1. Е. Кругликова. Автопортрет

Под конструкцией предмета принято понимать взаимное расположение его элементов и частей и связь их между собой в единую объемную форму. Под большой конструктивной формой в учебном рисунке понимается соотношение как частей предмета, так и предмета в целом с простейшими геометрическими телами (цилиндром, конусом, шаром, пирамидой, призмой) [1, с. 35].

В окружающем пространстве существуют простые формы (круг, треугольник, квадрат) и сложные (куб, шар, конус, цилиндр). В рисунке при построении общей формы объекта представляют ее как сложную форму, состоящую из простых геометрических тел, и следует понимать, из каких более простых форм она состоит. Любая форма бытового предмета при построении в рисунке представляется как соединение нескольких геометрических тел. Так, например, кувшин можно представить как комбинацию конуса, цилиндра и шара или сферы.

В перспективном сокращении строится форма шара, цилиндра, конуса. Представляя формообразующую структуру предмета, легко его изобразить в перспективе на плоском листе или холсте.

Методика передачи объемной формы

Таким образом, чтобы передать конструкцию объемной формы, важно понимать ее формообразование. Для этого необходимо после определения и разметки на формате листа пропорциональных частей самих предметов и их групп построить дополнительные линии и формообразующие плоскости, которые подчеркнут объем предметов.

Форма предмета и объекта изображения становится понятна благодаря объему, когда видно две или более плоскостей объекта. Тон является основным инструментом для создания объема. Поняв распределение светотени на упрощенных формах, можно руководствоваться теми же принципами для изображения более сложных структурных форм, состоящих из большего числа элементов.

В живописи форма строится не просто линейной прорисовкой конструкции объекта, но и цветом. При помощи цвета живописец может характеризовать не только предметы, но и падающий на них, отражающийся от них свет. В сущности, без света вообще нет и цвета. По распространению света на поверхности предмета можно судить о его объемности. Светотень лепит объем очень убедительно [4, с. 120].

После определения локального цвета предметов следует обозначить объем через разработку теней, полутеней, рефлекса. Если по-

верхность формы предмета достаточно гладкая, то блик будет ярко выражен (рис. 2).

В тенях передавать форму объектов нужно более холодным цветом. Для этого можно смешивать ультрамарин, красный кадмий, охру. Если работа ведется в технике алла-прима, цвет тени смешивается сразу таким образом, что к предметному цвету примешивается более холодный и плотный по тону цвет и цветовое пятно в тени накладывается в один слой. В технике лессировки полутени, тени, рефлекс наносятся слоями последовательно, уплотняя тон в теневой части формы. Тени самого предмета и падающего от него на соседние плоскости помогают более полно изобразить и выявить его форму.



Рис. 2. Студенческая работа



Рис. 3. Студенческая работа

Соседство форм

Рассматривая любой объект, мы в первую очередь видим его форму со всеми внешними ее характеристиками. И лишь затем начинаем различать соседние с ней формы, которыми она окружена, их размер и соотношение в пространстве.

И, наоборот, когда художник пишет натюрморт, пейзаж или портрет, он воспринимает изначально общую форму всех предметов натюрморта, фигуру человека в целом или образ пейзажа. В работах художника Джорджо Моранди натюрморт воспринимается зрителем сначала как ярко выраженная общая форма и затем все предметы по отдельности (рис. 4).



Рис. 4. Джорджо Моранди. Метафизический натюрморт

Художник использует прием объединения форм как самих предметов натюрморта, так и теней, падающих от предметов, создавая в работе особую выразительность и целостность восприятия (рис. 5). При таком изображении важны не только формы самих предметов, но и форма пространства между ними.

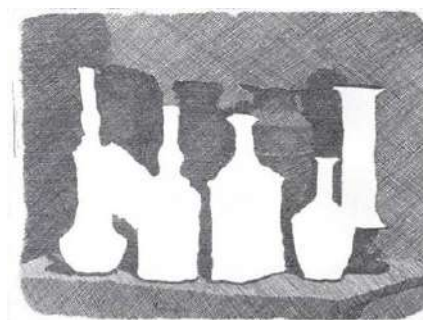


Рис. 5. Джорджо Моранди. Зарисовка

Когда предмет «встречается с фоном», появляются связанные формы. Такие формы иногда называют «негативными», «фоновыми» или же просто «пространством», но независимо от названия они остаются формами. Формы с общей границей помогают соблюдать пропорции [5, с. 32].

Создавая художественный образ, апеллируя разными формами, важно учитывать закон целостности. Закон целостности требует неповторимости элементов композиции, включая сюда формы, размеры, интервалы, характеры. Все похожее должно либо объединиться в силуэт, либо резко отличаться, индивидуализироваться [6, с. 122].

При любом решении композиционных задач изображения натюрморта важную роль играет контраст отношения светлого и темного. В изобразительном искусстве контраст светлого и темного является одним из наиболее выразительных средств создания образа.

В живописной композиции большая темная форма будет казаться еще значительнее, если она контрастирует с маленькой светлой формой. На светлом фоне могут быть выразительны темные формы, а на темном фоне – светлые [7, с. 17].

Форма в ювелирных эскизах и изделиях

Поиск формы очень важен для работы над ювелирным эскизом. Как любой творец, ювелир, создавая свои образы, выражает идею посредством выразительности формы. Экспериментируя с формами, ювелир стремится создать у смотрящего на его работу ассоциативный ряд эмоций, ощущений и визуальных соответствий.

Форма ювелирного изделия напрямую зависит от стилистики и назначения изделия. На форму изделия на протяжении разных эпох оказывали влияние мода, религия, культура ношения, бытовое предназначение и материал.

Некоторые изделия имели двойное назначение и несли на себе сразу несколько функций. Соответственно форма изделий напрямую от этих функций зависела. Так, в Георгианский период в моду входят шатлены – аксессуар, фиксировавшийся на поясе в виде цепочек с зажимами, булавками или крючками. К ним крепились необходимые подручные вещи: часы, пишущие предметы, ножницы, очки. Форма таких украшений могла варьироваться, но при этом должна была иметь схожую конструктивную основу.

В эпоху рококо главным элементом орнамента стал завиток раковины. В это время в изделиях использовались изогнутые формы, асимметричные, причудливые сочетания всевозможных завитков и гирлянд. Появились новые украшения и формы. Знаменитые портбукеты служили своеобразной драгоценной вазой для букетов из живых цветов. Форма украшения отвечала своему назначению и функциональности наряду с эстетической составляющей. И в данном украшении форма могла быть ва-

риативной, но ее функциональность должна сохраняться.

Важную роль в процессе обогащения опыта и накопления зрительных образов разных форм играет копирование ювелирных украшений разных эпох, с различной конструктивной и функциональной составляющей (рис. 6). При выполнении копии ювелирного изделия нужно не просто скопировать цвет и форму изделия, но передать материал, наметить объем и передать конструктивную особенность изделия.

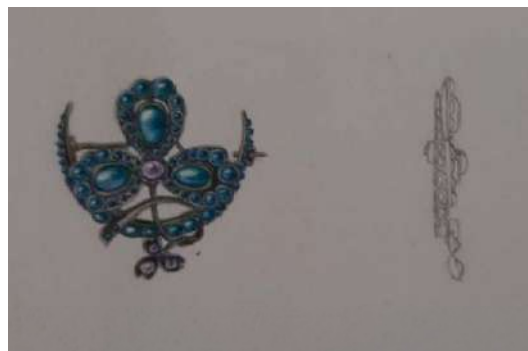


Рис. 6. Студенческая копия с ювелирного изделия викторианской эпохи

Изначально художник в эскизе ювелирного изделия продумывает общую форму изделия и только потом разрабатывает детали, думает над фактурой, материалом, текстурой. Понимание формы, ее конструктив, функциональность и эргономичность одинаково важны для создания целостного законченного художественного образа изделия. Поиски формы можно вести разными путями, но всегда нужно исходить из основной идеи, возникновение которой должно предшествовать началу работы над эскизом. Сам поиск силуэта формы ведется путем обобщения и упрощения, используя приемы стилизации.

Часто в эскизе, для большего понимания формы изделия, к главному виду добавляется вид сбоку, а в некоторых случаях можно выполнить вид в проекции для более полного понимания формы.

Работа цветом в ювелирном эскизе начинается с разбивки контура изображения на сегменты тонкими линиями, которые будут подчеркивать форму предмета и обозначать изменение цветового тона. Выполняя отмывку формы изделия, нужно обращать внимание на задачу материалности металла и камней. Также в эскизе можно передать объем, затемняя цветовым тоном тень и выделяя светлые части формы изделия.

Прокладывая цветовой тон с помощью приемов отмывки металлических поверхностей цветом, нужно учесть особенности передачи

металлических поверхностей. При написании серебряных, золотых и медных предметов следует обращать внимание на получение множества оттенков цвета, которые расположены на предмете от светлого к темному, включая рефлексы и блики (рис. 7).



Рис. 7. Студенческий эскиз броши по мотивам народных промыслов

После того как цвет металла нанесен во всех разделенных сегментах, можно обозначить цветом эмали и камни. Так как форма ювелирного изделия несет в себе какой-либо задуман-

ный образ, то в эскизах важно передавать и обозначать посредством графических техник фактуру и текстуру. Завершающим этапом будет проработка мелких деталей и элементов.

Заключение. В ходе обучения студентам важно не просто уметь выполнять, проектировать и придумывать эскиз изделия, но уметь думать формами и представлять, как эти формы будут взаимодействовать между собой.

Наблюдение форм природы, анализ ее конструкции и понимание принципов формообразования помогает студентам верно решать поставленные перед ними задачи на занятиях рисунка и живописи, конструктивно мыслить и изображать реалистично в перспективе предметы, создавать образы окружающей действительности правдиво и достоверно.

На основе знания и навыков по построению форм студенты могут создавать ассоциативные и формалистичные абстрактные образы, овладеть навыками конструктивного изображения формы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пучков А. С., Триселев А. В. Методика работы над натюрмортом. М. : Просвещение, 1981. 160 с.
2. Шабалина Н. М. Стилевая структура орнамента и формы модерна // Модерн: взгляд из провинции : сб. докладов науч.-практ. конф. / сост. Г. С. Трифонова. Челябинск, 1995. С. 57–63.
3. Панксенов Г. И. Живопись. Форма, цвет, изображение : учеб. пособие для студ. высш. худ. учеб. заведений. М. : Академия, 2007. 144 с.
4. Герчук Ю. Я. Язык и смысл изобразительного искусства : учеб. пособие. М. : Мособлупрполиграфиздат, 1994. 176 с.
5. Додсон Б. Искусство рисунка / пер. с англ. Е. А. Мартинкевич. Минск : Попурри, 2016. 224 с.
6. Шорохов Е. В. Композиция : учебник. 2-е изд. М. : Просвещение, 1986. 207 с.
7. Иттен И. Искусство формы : пер. с нем. 9-е изд. М. : Изд. Дмитрий Аронов, 2020. 136 с.

REFERENCES

1. Puchkov A. S., Triselev A.V. The technique of working on a still life*. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1981. 160 p. (In Russ.)
2. Shabalina N. M. The stylistic structure of the ornament and the form of modernity*. *Modern: vzglyad iz provincii : sb. докладов науч.-практ. конф.* [Modern. A view from the provinces: Scientific and Technical Conference: collection of articles]. Chelyabinsk, 1995, pp. 57–63. (In Russ.)
3. Panksenov G. I. Painting. Shape, color, image*. Moscow, Academiya Publ., 2007. 144 p. (In Russ.)
4. Gerchuk Yu. Ya. The language and meaning of fine art*. Moscow, Mosobluprpoigrafizdat Publ., 1994. 176 p. (In Russ.)
5. Dodson B. The art of drawing. Minsk, Popurri Publ., 2016. P. 224. (In Russ.)
6. Shorokhov E. V. Composition. 2nd ed. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1986. 207 p. (In Russ.)
7. Itten I. The art of form. 9th ed. Moscow, Dmitry Aronov Publ. House, 2020. 136 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 18.01.2022
Принята к публикации 122.02.2022

* Перевод названия источника выполнен автором статьи / Translated by author of the article.

Научная статья

УДК 671.12:745

doi 10.34216/2587-6147-2022-1-55-59-64

Сергей Ильич Галанин¹

Кирилл Николаевич Колупаев²

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

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

²Knk44@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5808-2481>

ТИТАН В ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЯХ И БИЖУТЕРИИ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования титана в ювелирных украшениях и бижутерии. Показано, при каких условиях изделия, в которых используется титан, являются ювелирными, а при каких – бижутерией. Рассмотрены достоинства и недостатки ювелирных изделий с использованием титана, особенности их проектирования, изготовления и эксплуатации. Показано, что на протяжении нескольких лет ведущие ювелирные бренды с успехом используют титан для изготовления продвинутых коллекций. Приведены примеры изделий. Современные российские ювелиры также не отстают от ведущих ювелирных брендов, показывая изделия из титана передового дизайна. Показано, что, хотя мода на изделия из титана не стала повсеместной, уникальные ювелирные изделия с его использованием все чаще находят своих почитателей.

Ключевые слова: ювелирно-художественные изделия, бижутерия, титан, преимущества и недостатки титановых изделий, ювелирный дизайн, ювелирные бренды

Для цитирования: Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-59-64>.

Original article

Sergey I. Galanin¹

Kirill N. Kolupaev²

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

TITANIUM IN JEWELLERY AND COSTUME JEWELLERY

Abstract. The article deals with the peculiarities of the use of titanium in jewellery and costume jewellery. It is shown, under what conditions products, where titanium is used, are jewellery, and under what conditions, costume jewellery. Advantages and disadvantages of titanium jewellery and peculiarities of its design, production and operation are considered. It is shown that for several years leading jewellery brands have been successfully using titanium for production of advanced collections. Some examples are given. Contemporary Russian jewellers also keep up with the leading jewellery brands, demonstrating pieces made of titanium of advanced design. It is shown that though fashion for titanium products is not widespread, but unique items of titanium jewellery are more often gaining their admirers.

Keywords: jewellery, costume jewellery, titanium, advantages and disadvantages of titanium products, jewellery design, jewellery brands

For citation: Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 59–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-1-55-59-64>.

В последние годы титан стал достаточно популярен в ювелирных украшениях и бижутерии. Использование столь неоднозначного металла можно считать закономерным, так как он обладает уникальными декоративными свойствами [1, 2].

По законам Российской Федерации к ювелирным украшениям относятся изделия из не-

драгоценных металлов и сплавов, если они украшены драгоценными и полудрагоценными камнями, соединены с частями изделия, выполненными из драгоценных металлов и сплавов. Покрытия из золота или других драгоценных металлов, нанесенные гальванически, напылением или другим способом (кроме плакирования), не позволяют бижутерию отнести к ювелирным изделиям. Таким образом, если украшения выполнены только из титана, то это –

бижутерия. Если же в изделии присутствуют драгоценные металлы и камни – уже ювелирные украшения. Поэтому изделия только из титана ювелирной промышленностью и ведущими мировыми ювелирными брендами за редким исключением не производятся.

История и современность титановых украшений

Оксид титана TiO_2 впервые был открыт в 1789 г. английским ученым-минерологом У. Грегором. Первый образец металлического титана получил в 1825 г. шведский химик и минераловед Й. Я. Берцелиус. Широкое его применение началось только в середине XX в., в основном в авиации и ракетостроении. Сегодня трудно найти отрасль промышленности, где бы не применялся этот уникальный металл.

Часы были первым украшением, в котором использовали титан. Они были выпущены в 1980 г. благодаря сотрудничеству Porsche Design и всемирно известного производителя часов International Watch Company (IWC). В результате появления на свет хронометра IWC Porsche Design Titan Chronograph оформились фирменные корпуса часов Порше, компании,

известной своими автомобилями. Одной из знаковых моделей были IWC Porsche Design Ocean 2000 (рис. 1), способные работать под водой на глубине 2000 м [3].



Рис. 1. Часы IWC Porsche Design Ocean 2000

Сделал популярным титан как материал для украшений Жюэль Артур Розенталь. Создатель бренда JAR начал использовать этот металл в своих работах в конце 80-х годов XX века. Изделия бренда уникальны и неповторимы, сказочно дороги (рис. 2). Именно титан позволяет создавать визуально массивные и в то же время легкие украшения.

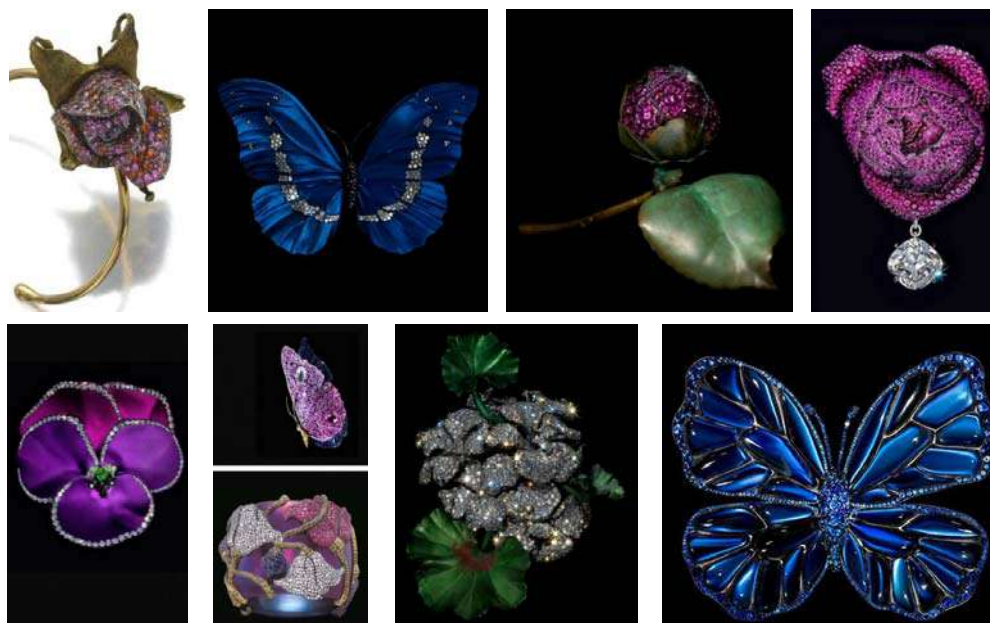


Рис. 2. Украшения из титана Жюэля Розенталя JAR

На выставке в лондонском Somerset House в 2002 г. 145 вещей из 400 представленных были из частных коллекций – поклонницы Розенталя одолжили собственные украшения для его выставки. Создатель бренда JAR отблагодарил клиентов ювелирного дома, разослав по домашним адресам клипсы из лепестков цветного титана вместо привычных букетов (рис. 3). Идея так увлекла дизайнера, что для выставки в качестве сувениров он сделал еще 1000 пар таких клипсов.



Рис. 3. Знаменитые клипсы, титан, JAR

Из-за насыщенного цвета оксидного покрытия и формы лепестки выглядели объемными и реалистичными. Клипсы были мгновенно распроданы после открытия выставки. Также Жоэль поступил и в 2013-м для масштабной выставки в нью-йоркском Метрополитен-музее, где экспонировалось более 300 драгоценностей бренда JAR [4].

Возвращению в высокое ювелирное искусство титан обязан ювелирному дому Chopard, который работает с ним около десяти лет. Незабываемой оказалась коллекция Fleursd' Opales, представленная в 2015 г.: массивные броши и кольца из австралийских опалов в обрамлении чернильного титана выглядели эмоционально и незабываемо. С тех пор в каждой коллекции высокого

ювелирного искусства присутствуют изделия из титана. Этот металл в Chopard любят за феноменальную легкость и ювелирную дерзость. Сложность работы в том, что процесс инкрустации титана драгоценными камнями не проходит легко: может пострадать камень из-за специфических механических свойств металла (рис. 4) [4].

В настоящее время многие известные ювелирные бренды и дизайнеры используют титан в своих украшениях. Среди них можно назвать JAR, Chopard, Сюзанну Сиз (Suzanne Syz) (рис. 5), Уоллеса Чана (Wallace Chan) (рис. 6), Маргариту Бургенер (Margherita Burgener) (рис. 7), Гленна Спайро (Glenn Spiro) (рис. 8), тайского ювелира Нисана Онгвутхитхама (Nisan Ongwuthitham) (рис. 9).



Рис. 4. Броши ювелирного дома Chopard с опалами и титаном



Рис. 5. Изделия из титана Suzanne Syz: серьги, кольцо с сапфирами Tie That Knot, кольцо с 55-каратным турмалином параиба и бриллиантами



Рис. 6. Ювелирные украшения из титана Wallace Chan



Рис. 7. Ювелирные украшения из титана Margherita Burgener



Рис. 8. Титановые кольца Glenn Spiro с сапфирами и бриллиантами



Рис. 9. Ювелирные украшения с титаном тайского ювелира Nisan Ongwuthitham

Очень популярен титан у быстро развивающихся китайских ювелирных брендов. Этот металл с его уникальными декоративными возможностями позволяет дизайнерам искусно соединять в одном изделии современность и восточные традиции.

Несмотря на ряд объективных и субъективных проблем [5, 6] не отстают от зарубежных брендов и российские мастера: очень интересные изделия Игоря Учеватова, Валерия и Ирины Стариковых, Владимира Маркина (рис. 10).



Рис. 10. Изделия из титана российских ювелиров:

- а – Игорь Учеватов, подвеска «Колибри»;
 б – Игорь Учеватов, брошь «Сиа́мская бойцо́вая рыбка», ручная резьба, чеканка, анодирование;
 в – Валерий и Ирина Стариковы, брошь;
 г – Владимир Маркин, брошь «Сирень», золото, бриллианты, сапфир
 (фотографии из открытых источников)

Достоинства украшений из титана

К достоинствам титана, позволяющим ему занять почетное место на ювелирном олимпе, можно отнести высокую твердость, небольшой удельный вес, коррозионную устойчивость, невысокую стоимость по сравнению с золотом, высокую декоративность.

Этот металл более устойчив к царапинам, вмятинам и деформациям, чем платина, серебро или золото [7]. Некоторые производители даже дают на титановые изделия пожизненную гарантию. Титан не боится воздействия морской воды, большинства кислот и солнечного света. Однако на его поверхности с течением времени образуется тускло-серая пленка оксидов, которая достаточно успешно удаляется легкой полировкой. Поэтому при должном уходе природный блеск этого металла может сохраняться долгие годы.

Легкость (он в 2,5...4,5 раза легче драгоценных металлов) позволяет создавать визу-

ально массивные, но относительно легкие украшения. Кроме того, стоимость таких украшений значительно меньше по сравнению с золотыми при соизмеримом уровне дизайна и качества.

При термообработке на поверхности титана образуется красивая оксидная пленка так называемых цветов побежалости. А при химической или электрохимической анодной обработке в растворах большинства органических и неорганических кислот на его поверхности можно создать конверсионные декоративные пленки широчайшей гаммы цветов и оттенков. При этом формирование пленок на полированной и фактурированной поверхности, совмещенной в одном изделии, позволяет значительно обогатить и разнообразить получаемые оптические эффекты, поскольку цвет покрытия на матовой поверхности более насыщенный, чем на полированной [1, 8].

Титан – гипоаллергенный металл. Он не вызывает никаких побочных реакций с контактом кожи человека. Из него даже делают различные импланты для медицинских целей.

В различных отраслях промышленности используются многие десятки сплавов титана с другими металлами, обладающие широчайшим набором физико-технологических свойств, но в ювелирных изделиях и бижутерии можно применять чистый титан, что в определенной степени является преимуществом.

Недостатки украшений из титана

Работать с титаном невероятно сложно и затратно: металл плавится при 1668 °С, и его механическая обработка требует применения дорогого высокотвердого инструмента. Кроме того, металл обладает высокой вязкостью, что также затрудняет его механическую обработку. Титан очень плохо поддается пайке, традиционно используемой при изготовлении ювелирных изделий. При закреплении в титановое изделие камней очень легко повредить последние, так как металл очень твердый. Только немногие ювелиры способны придать титану затейливую форму, инкрустированную камнями.

Однако титан – один из первых металлов, изделия из которого стали изготавливаться по современной 3D SLM технологии, при которой происходит спекание изделий из металлических порошков. Эта технология позволяет создавать сложнопрофильные титановые изделия, изготовление которых обычными способами чрезвычайно затруднено.

Тонкая оксидная декоративная пленка на поверхности титана легко механически повреждается. Поэтому окрашенные титановые изделия менее практичны, чем серебристые. Кроме того, цветовая насыщенность конверсионных покрытий меньше, чем у холодных и горячих эмалей [9]. Следовательно, необходим учет колористических характеристик анодированного титана и вставок драгоценных камней при проектировании ювелирных изделий [10]. Существует технология напыления на поверхность титановых колец черных или желтых покрытий. Нанесение покрытий производится на вакуумной плазменно-дуговой установке производства фирмы PLATIT (Швейцария). Черное покрытие (AlTiN) и желтое покрытие (TiN) являются упрочняющими и значительно увеличивают микротвердость и износостойкость поверхности колец (рис. 11) [11].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Шорохов С. А. Декоративная электрохимическая обработка металлов и сплавов : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. 151 с.



Рис. 11. Кольца компании «Титанмет», Россия:
а – кольцо «Полярная ночь» с черным покрытием и черным бриллиантом;
б – обручальное кольцо с желтым золотом 585 пробы и желтым покрытием

Еще один момент, сдерживающий массовое использование титана в украшениях, – невозможность или высокая затратность изменения размера колец и ремонта изделий. Кроме того, золото, если украшение вышло из моды, можно отдать в переплавку, с титаном такое не получится.

ВЫВОДЫ

1. Постоянно меняющаяся мода часто приносит в ювелирную отрасль новые идеи и материалы. Примером может служить знаменитая эпоха «ар-нуво», влияние которой можно увидеть в элитных титановых украшениях.

2. Титан занял свое достойное место в ювелирной отрасли. Металл нашел своего ценителя, но мода на него не стала повсеместной, он не приобрел массовую популярность. Дорогие, в чем-то непривычные и даже экзотические украшения из-за ярких оттенков и размера иногда выглядят ярче и крупнее бижутерии, поэтому не сразу находят своих поклонников.

3. Титановые украшения требуют более бережного к себе отношения, чем золотые или серебряные, из-за неустойчивости конверсионных декоративных пленок к механическим воздействиям.

4. Из титана чаще можно встретить вещи эксклюзивные, фантастические и выдающиеся. Такие украшения прорывного дизайна открывают новую яркую страницу в истории мировой ювелирной моды.

5. Титан становится все популярнее в ювелирных украшениях и бижутерии, многие зарубежные и отечественные ювелиры уделяют ему достойное внимание, понимая перспективность его использования.

2. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
3. Шевелёва А. Украшения из титана. URL :<https://bijouanka.com/ukrasheniya-iz-titan> (дата обращения: 04.11.2021).
4. Соловей Т. Как титан завоёвывает ювелирный мир. URL: <https://vogue.ua/article/fashion/aksessuary/kak-titan-zavoevyvaet-yuvelirnyy-mir.html> (дата обращения: 04.11.2021).
5. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Проблемы дизайна отечественных ювелирных изделий // Дизайн. Теория и практика. 2011. № 6. С. 62–70.
6. Галанин С. И., Колупаев К. Н., Доберштейн В. Ю. Особенности дизайна ювелирных изделий в условиях создания бренда, брендинга и брендинга // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 12–19.
7. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства : учебное издание / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
8. Галанин С. И. Ювелирно-художественные технологии: декоративная электрохимическая обработка поверхности титана // Мир гальваники. 2018. № 1(39). С. 20–28.
9. Лебедева Т. В., Галанин С. И., Музыкантова М. Э. Холодные эпоксидные эмали как дизайн-решение поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 5–11.
10. Галанин С. И., Ляпина А. С. Колористические характеристики ряда цветных металлов и сплавов для ювелирных изделий и бижутерии // Технологии и качество. 2017. № 2(38). С. 29–35.
11. Титанмет – первый производитель обручальных колец из титана в России. URL : <https://titaniumrings.ru> (дата обращения: 04.11.2021).

REFERENCES

1. Galanin S. I., Shorokhov S. A. Decorative electrochemical treatment of metals and alloys. Kostroma, Kostroma St. Univ. of Technology Publ., 2015. 151 p. (In Russ.)
2. Galanin S. I. Decorating the surface of jewelry. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
3. Sheveleva A. Jewelry made of titanium. (In Russ.). URL : <https://bijouanka.com/ukrasheniya-iz-titana> (accessed 04.11.2021).
4. Solovey T. How titanium conquers the jewelry world. (In Russ.). URL : <https://vogue.ua/article/fashion/aksessuary/kak-titan-zavoevyvaet-yuvelirnyy-mir.html> (accessed 04.11.2021).
5. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Problems of Design of Domestic Jewellery Design. *Dizajn. Teoriya i praktika* [Design. Theory and practice]. 2011;6:62–70. (In Russ.)
6. Galanin S. I., Kolupaev K. N., Doberstein V. Yu. Features of the design of jewelry in the creation of the brand, branding and branding. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2017;1:12–19. (In Russ.)
7. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Technology of jewelry production. Moscow, SPM-Industry, 2017. 511 p. (in Russ.)
8. Galanin S. I. Jewelry and art technology: decorative electrochemical treatment of titanium surface. *Mir gal'vaniki* [Galvanic World]. 2018;1(39):20–28 (In Russ.)
9. Lebedeva T. V., Galanin S. I., Muzykantova M. E. Cold epoxy enamels as a design solution of jewelry surfaces. *Trudy akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2017;1:5–11. (In Russ.)
10. Galanin S. I., Lyapina A. S. Color characteristics of a number of non-ferrous metals and alloys for jewelry and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;2(38):29–35. (In Russ.)
11. Titanmet – the first manufacturer of wedding rings from titanium in Russia. (In Russ.). URL : <https://titaniumrings.ru> (accessed 04.11.2021).

Статья поступила в редакцию 18.01.2022
Принята к публикации 22.02.2022

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

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

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

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

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

Построение статьи

Порядок размещения материала должен соответствовать представленному ниже списку.

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

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/jncерсија_nacionalnoj_bezопасnosti_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 (Vancouver Style), принятому в редакции журнала.

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

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

При подготовке раздела References транслитерируются:

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

Транслитерированные списки необходимо переработать с учетом следующих требований.

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

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

Разделительные знаки между полями:

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

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

Схема описания статьи:

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

Например:

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

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

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

Например:

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

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

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

2022 – № 1(55)

АПРЕЛЬ

Рецензируемый периодический научный журнал

Учредитель и издатель:

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

Главный редактор

СМИРНОВА СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА

кандидат технических наук, доцент

Издается с 1999 года

Журнал зарегистрирован

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

16+

Подписной индекс 94269 в каталоге «Пресса России»

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

Издательско-полиграфический отдел
Костромского государственного университета

Подписано в печать 24.03.2022. Дата выхода в свет 20.04.2022. Формат бумаги 60×90 1/8.
Печать трафаретная. Печ. л. 9,0. Заказ 43. 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-kgtu@yandex.ru

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