



# ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО

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

Издается с 1999 года

**2 0 2 2**

**№ 2(56)**

**ИЮНЬ**

# TECHNOLOGIES & QUALITY

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

Appears since 1999

**2 0 2 2**

**№ 2(56)**

**JUNE**

**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

### EVGENIY YAKOVLEVICH SURZHENKO

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

### WEILIN XU

Professor, Wuhan Textile University (China)

### SALOHIDDIN ZUNUNOVICH YUNUSOV

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Панкевич Д. К., Буркин А. Н.**  
Методология оценки свойств материалов  
для водонепроницаемой одежды
- Родичева М. В., Абрамов А. В.,  
Уткин Н. Н., Малярова П. М.**  
Новые подходы  
к тепловым расчетам вентилируемой одежды
- Зими́на М. В., Чагина Л. Л., Иванов В. В.**  
Оценка паропроницаемости систем материалов  
для адаптивной одежды людей с ограниченными  
двигательными возможностями
- Орлов А. В., Пашин Е. Л.**  
Совершенствование алгоритма  
моделирования работы  
разрывной машины копрowego типа

### ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

- Карноухов А. Е., Тимошина Ю. А.,  
Вознесенский Э. Ф.**  
Получение электропроводящих текстильных  
материалов, ламинированных  
полимерными пленками
- Севостьянов П. А., Самойлова Т. А.,  
Монахов В. И., Белевитин А. А., Бурдин И. М.**  
Преобразование плотности ватки-прочеса  
в линейную плотность чесальной ленты
- Мезенцев И. С., Красина И. В., Парсанов А. С.**  
Разработка строительного утеплителя  
на основе волокон технической конопли

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Воронова Л. В., Панишева Е. В.**  
К вопросу выбора метода определения границ  
и распознавания графического объекта  
применительно к задаче идентификации  
номера автомобиля

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Мещеряков А. В., Богачева С. Ю.**  
Использование линейных моделей механической  
системы машин для исследования работы  
их исполнительных механизмов

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

- 5 Pankevich D. K., Burkin A. N. 5**  
Methodology for evaluating the properties of  
waterproof clothing materials
- 11 Rodicheva M. V., Abramov A. V.,  
Utkin N. N., Malyarova P. M. 11**  
New approaches  
to thermal calculations of ventilated clothing
- 16 Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. 16**  
Evaluation of steam permeability  
of materials systems for adaptive clothing  
of people with limited motor capabilities
- 24 Orlov A. V., Pashin E. L. 24**  
Improving the simulation algorithm  
for the work process of pendulum-based tensile  
strength testing machine

### TECHNOLOGY AND PRIMARY PROCESSING OF TEXTILE FABRICS AND RAW MATERIALS

- 29 Karnoukhov A. E., Timoshina Yu. A.,  
Voznesensky E. F. 29**  
Production of electrically conductive  
textile materials laminated with  
polymer films
- 34 Sevostyanov P. A., Samoilova T. A.,  
Monakhov V. I., Belevitin A. A., Burdin I. M. 34**  
Converting of the density of carding fleece-batt  
into the linear density of the carding sliver
- 40 Mezentsev I. S., Krasina I. V., Parsanov A. S. 40**  
Development of building insulation  
based on technical hemp fibres

### INFORMATION TECHNOLOGIES

- 46 Voronova L. V., Panisheva E. V. 46**  
On the question on method selection  
of the edge detection and graphic object  
recognition applied to the task of licence plate  
identification

### TECHNOLOGICAL MACHINERY AND EQUIPMENT

- 51 Meshcheryakov A. V., Bogacheva S. Yu. 51**  
The use of linear models of the mechanical  
system of the machine's to study the operation  
of their actuators

**ДИЗАЙН**

**Рыбакова И. В., Галанин С. И.**  
Дизайн и технология  
в эмалях Ильгиза Фазулзянова

**ТРЕБОВАНИЯ  
К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ****DESIGN**

**58 Rybakova I. V., Galanin S. I.** **58**  
Design and technology in enamels  
by Ilgiz Fazulzyanov

**65 REQUIREMENTS** **65**  
**TO REGISTRATION OF ARTICLE**

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 001:677.017.8

EDN SULOJD

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10

Дарья Константиновна Панкевич<sup>1</sup>

Александр Николаевич Буркин<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>1</sup>dashapan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0328-9033>

<sup>2</sup>a.burkin@tut.by, <https://orcid.org/0000-0002-2963-6390>

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ОДЕЖДЫ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке методологии оценки эксплуатационных свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Дана критика существующей нормативной и приборной базы исследования свойств материалов для водонепроницаемой одежды, обоснован новый методологический подход к исследованию и оценке определяющих качество водонепроницаемой одежды показателей. Он заключается в создании таких методов и средств, которые позволяют провести моделирование условий эксплуатации для принятия решения о пригодности/непригодности материала к изготовлению одежды выбранным способом и использованию в назначенной области применения на основании результатов сравнительного анализа свойств материала до и после такого моделирования. Базируется этот подход на анализе условий изготовления и эксплуатации конкретной модели одежды. Разработана концепция, алгоритм, методы и средства исследования свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Обозначены перспективы применения разработанной методологии.

**Ключевые слова:** водонепроницаемая одежда, композиционные текстильные материалы, мембрана, эксплуатационные свойства, методология, моделирование, комплексная оценка качества

**Для цитирования:** Панкевич Д. К., Буркин А. Н. Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 5–10. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10>.

Original article

Darya K. Pankevich<sup>1</sup>

Alexander N. Burkin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

## METHODOLOGY FOR EVALUATING THE PROPERTIES OF WATERPROOF CLOTHING MATERIALS

**Abstract.** The article is devoted to the development of a methodology for assessing the performance properties of composite textile materials for waterproof clothing. The existing normative and instrumental base for research of properties of materials for waterproof clothes is criticised, and a new methodological approach to the research and estimation of indicators determining the quality of waterproof clothes is substantiated. It consists in creation of such methods and means, which allow simulation of operating conditions for making a decision on suitability/unsuitability of a material for manufacturing clothes by a chosen method and for use in a designated field of application on the basis of results of comparative analysis of material properties before and after such simulation. This approach is based on the analysis of manufacturing and operating con-

*ditions of a particular garment model. A concept, algorithm, methods and means of investigating the properties of composite textile materials for waterproof clothing have been developed. The prospects of application of the developed methodology are outlined.*

**Keywords:** *waterproof clothing, composite textile materials, membrane, performance properties, methodology, modelling, complex quality assessment*

**For citation:** Pankevich D. K., Burkin A. N. Methodology for evaluating the properties of waterproof clothing materials. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10>.

Современные материалы для водонепроницаемой одежды представлены широким ассортиментом многофункциональных композиционных текстильных материалов (КТМ), содержащих кроме текстиля полимерную мембрану, не пропускающую для капельножидкой влаги, но пропускающую пары воды. Водонепроницаемые КТМ обладают избирательной проницаемостью и повышенными защитными свойствами и используются для производства водонепроницаемой «дышащей» детской и взрослой бытовой, спортивной одежды, экипировки для активного отдыха, специальной одежды представителей экстремальных профессий.

Разнообразие видов КТМ и множество продуктов, производители которых ведут политику фальсификации, формируют неоднозначную ситуацию на рынке водонепроницаемых паропроницаемых КТМ. Производители одежды не обладают адекватной нормативной, методической и приборной базой оценки свойств КТМ и не получают достоверную информацию об уровне свойств КТМ различных структур, поэтому становятся источником проблемы массового производства некачественной водонепроницаемой одежды. Дефекты, отмеченные авторами статьи за годы наблюдений водонепроницаемой одежды из КТМ в эксплуатации, включают: быструю потерю водозащитной функции, дискомфорт носчика при высоких физических нагрузках, разрушение КТМ по соединительным швам и сгибам, значительную задержку времени достижения максимальной паропроницаемости. В связи с этим актуальной является задача получения и систематизации знаний о свойствах различных по структуре водонепроницаемых паропроницаемых КТМ для одежды в рамках единого методологического подхода.

Методология рассматривает организацию научной деятельности, что означает упорядочение ее в целостную систему с четко определенными характеристиками, логической структурой и процессом ее осуществления во времени [1, с. 24–25]. Необходимость упорядочения научных исследований в области оценки свойств КТМ для водонепроницаемой одежды обусловлена тем, что за последние 40 лет в мире про-

изошел резкий скачок в развитии технологии получения композиционных материалов вообще и материалов водозащитного назначения в частности, а отечественная нормативная, приборная и методическая база исследований материалов для одежды так и осталась на уровне плащевых и курточных материалов с пленочным покрытием, свойства которых существенно отличаются от свойств КТМ с мембраной.

Получение одежды высокого качества базируется на правильном выборе материалов для конкретного изделия, который основан на всестороннем анализе системы «человек – одежда – окружающая среда» [2, с. 12]. Именно в процессе эксплуатации проявляется взаимосвязь всех составляющих этой системы. Анализ области применения КТМ и номенклатуры показателей качества водонепроницаемой одежды позволил выявить их основные эксплуатационные свойства.

Водонепроницаемость и паропроницаемость являются стандартными показателями качества водонепроницаемой одежды, методы их определения и критерии оценки хорошо проработаны в зарубежной нормативной базе и отражены в EN 343 «Защитная одежда – защита от дождя» [3]. Для каждого класса водонепроницаемой одежды установлены нормируемые значения водонепроницаемости и паропроницаемости. Средства и методы определения показателей, соответствующих критериям оценки, являются стандартными для стран – производителей КТМ, которые, безусловно, придерживаются протекционистской позиции в отношении собственных изготовителей приборно-методического оснащения [4, с. 31].

Например, метод определения показателя паропроницаемости (Ret) регламентирован стандартами ISO 11092 и EN 31092, требует дорогостоящего оборудования, энергоемок, сложен в реализации [5, с. 73–75], но не учитывает различные климатические условия, влияющие на процесс паропроницаемости. Однако КТМ различных структур характеризуются различной способностью пропускать пары воды при различных условиях [5, с. 78]. В связи с этим необходимо с помощью рационально подобранных методов и средств выявить для каждого типа

КТМ зону оптимальных климатических условий, при которых он «работает» на удаление парообразной влаги из пододежного пространства наиболее эффективно.

Стандарт ISO 811:2018, рекомендуемый EN 343, регламентирует метод испытания водонепроницаемости материалов, выдерживающих гидростатическое давление до 15 000 Па, тогда как среднее значение водонепроницаемости КТМ находится в диапазоне от 10 000 Па до 180 000 Па [6, р. 97]. Для уточнения критериев оценки водонепроницаемости необходимо принять во внимание градицию уровня водозащитных свойств материалов для одежды, представленную в источнике [7, с. 18], где показано, что расчетная водонепроницаемость, требуемая для защиты от дождя средней интенсивности, составляет около 20 000 Па, а для защиты от сильного ливня – около 190 000 Па. Кроме того, так ли важно, при каком давлении происходит проникание воды через материал? Иногда большую информативность несет показатель, позволяющий оценить, через какое время произойдет проникание воды (и произойдет ли вообще) при обусловленном назначением одежды гидростатическом давлении. Поэтому средство исследования водонепроницаемости КТМ должно давать возможность определения и скорости намокания тоже.

Стандартный метод определения показателя водонепроницаемости во всем мире реализуется средствами с открытой испытательной ячейкой и регламентирует визуальную регистрацию момента прохождения воды сквозь материал при обнаружении капли (или капель) на изнаночной стороне материала. Это приводит к негативным явлениям, связанным с особенностями КТМ:

- прогиб и выпучивание образца с постепенным увеличением площади контакта воды с образцом до 80 % и изменением толщины образца до 40 % по сравнению с первоначальными размерами в зависимости от растяжимости КТМ, что непрерывно изменяет модель измерения и входные величины образца в процессе испытания и приводит к грубейшему нарушению принципов метрологии и невозможности сравнивать между собой результаты испытаний образцов различной растяжимости;
- поддув воздуха в пространство между водой и образцом и резкое повышение давления (до 200 кПа одномоментно) при зажиме материала пневматическим устройством;
- утечка воды из-за высокой капиллярности лицевого текстильного слоя или из-за расслаивания, либо утечка воды в дефект, образующийся у зажима, приводящая к невозможности проведения испытания;

– невозможность однозначной регистрации момента появления первой капли из-за изнаночного ворсового слоя образца либо из-за высокой гигроскопичности мембраны, когда увлажнение изнаночной стороны попросту незаметно для глаз.

В связи с изложенным выше необходимо адаптировать имеющиеся отечественные методики, хорошо себя зарекомендовавшие и дающие возможность получать информативный показатель, выраженный в удобных для восприятия единицах измерения, либо разработать новые, лишенные перечисленных недостатков, методы и средства.

При анализе пригодности материалов для изготовления водозащитной одежды наибольшую значимость приобретает надежность как свойство сохранять первоначальное значение водонепроницаемости, иначе назначение такой одежды не может быть обеспечено.

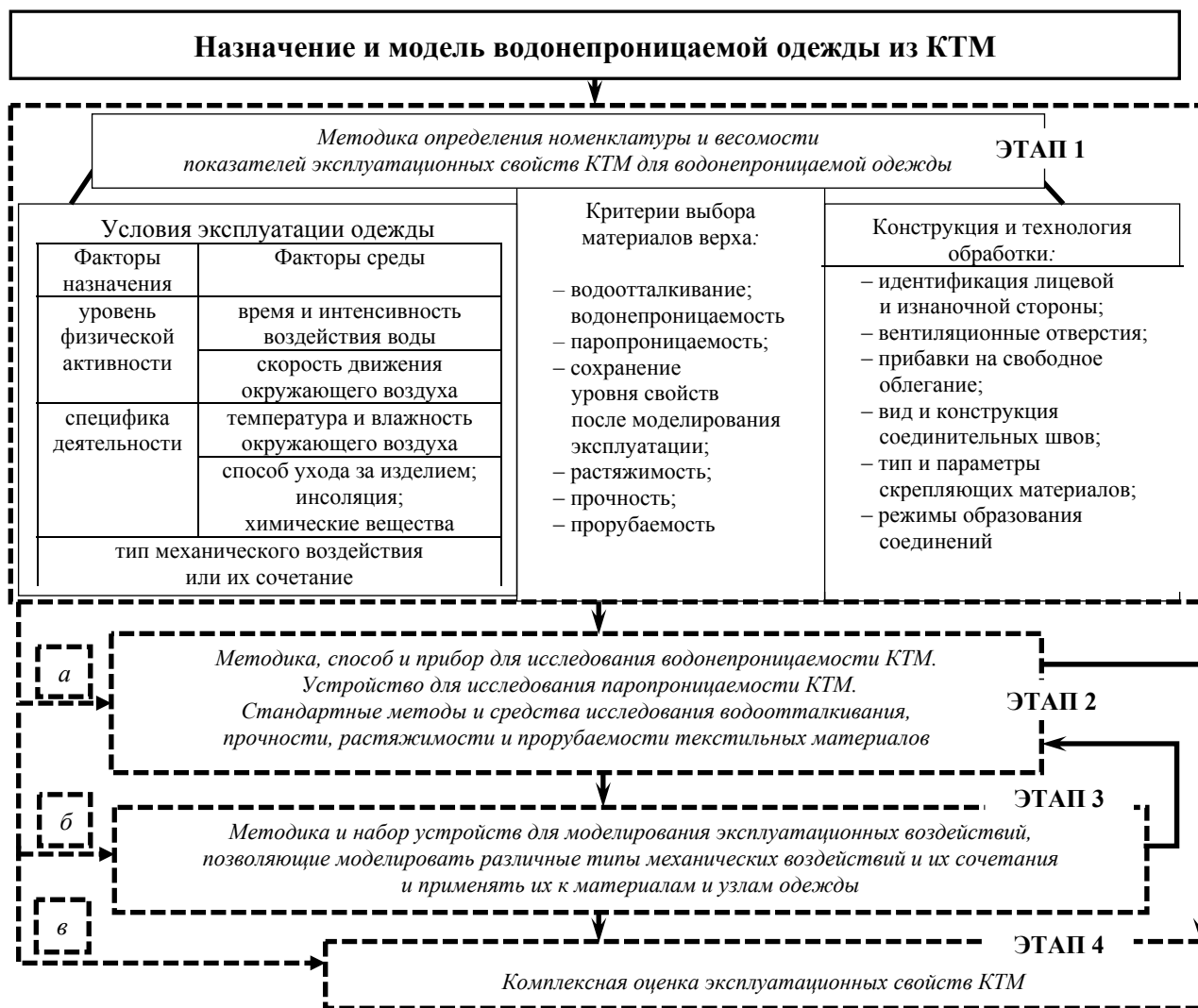
Оценка свойств материалов с применением разработанной методологии проводится поэтапно (рис.).

На первом этапе необходимо проанализировать назначение, модель и условия эксплуатации одежды, для которой выполняется подбор водонепроницаемых материалов. В соответствии с установленными факторами среды и назначения и конструктивно-технологическими особенностями модели формируют следующие входные данные:

а) устанавливают и ранжируют по уровням интенсивности воздействия факторы среды и назначения, влияющие на материалы в процессе изготовления одежды и при ее эксплуатации, определяют конкретные показатели, методики и условия проведения испытаний при исследовании эксплуатационных свойств материалов – водонепроницаемости и паропроницаемости, прочности, растяжимости, прорубаемости;

б) определяют набор средств, обеспечивающих адекватное моделирование эксплуатационных нагрузок (тип применяемых устройств и оснастки), рассчитывают режимы работы средств моделирования эксплуатации (вид, сочетание, количество и интенсивность воздействий);

в) устанавливают соответствующую назначению и модели одежды номенклатуру определяемых показателей свойств материалов, их весомость и критерии оценки, составляют программу испытаний. Для этого предложена методика определения номенклатуры и весомости показателей эксплуатационных свойств КТМ и разработаны критерии их оценки [8, с. 159–170].



На втором и третьем этапе проводятся экспериментальные исследования эксплуатационных свойств КТМ в предусмотренном программой испытаний объеме. Для этого авторами статьи предложено научное обоснование и разработаны методы и средства исследования эксплуатационных свойств КТМ в режиме испытаний, соответствующем свойствам КТМ и приближенном к реальной носке. Некоторые показатели свойств, согласно разработанной методологии, необходимо определять дважды (до моделирования эксплуатации и после него).

Четвертый этап – комплексная оценка эксплуатационных свойств КТМ. По результатам комплексной оценки свойств материал с наивысшим баллом может быть рекомендован для изготовления водонепроницаемой одежды.

Могут быть выявлены возможности повышения степени пригодности КТМ к изготовлению водонепроницаемой одежды за счет применения корректирующих конструктивно-технологических решений (обосновано введение вентиляционных отверстий при недостаточно высоком уровне паропроницаемости, предложен иной способ соединения деталей, уточнены режимы стачивания, тип и параметры скрепляющих материалов, допустимые диапазоны деформации растяжения и прибавки на свободное облегание по участкам конструкции и т. п.).

Реализация заявленного методологического подхода возможна при выполнении четырех условий, обеспечиваемых методами и средствами проведения испытаний и оценки их результатов: возможность измерения одного и того же



показателя свойства одинаковыми методами и средствами до и после моделирования эксплуатации; возможность моделирования эксплуатации в широком диапазоне интенсивности, вида и сочетания воздействующих факторов не только на материалах, но и на узлах одежды для уточнения режимов и способов их соединения; информативность выбираемых показателей свойств, которая достигается использованием именно такой характеристики, которая адекватна назначению материала и может быть однозначно интерпретирована путем определения соответствующих критериев оценки; рациональный выбор метода расчета комплексного показателя, номенклатуры, весомости и базовых значений единичных показателей в комплексной оценке качества.

Для реализации методологического подхода к оценке свойств КТМ авторами статьи разработаны следующие методики и средства.

1. Разработан и запатентован новый прибор для определения водонепроницаемости КТМ, отличающийся от существующих закрытой сверху испытательной ячейкой и применением датчика влажности, что позволяет получать объективное представление об уровне водонепроницаемости различных по растяжимости текстильных материалов, включая многослойные КТМ [9]. Прибор может использоваться для реализации разработанной методологии оценки эксплуатационных свойств КТМ, поскольку позволяет проводить испытания на образцах малого размера без выпучивания и проскальзывания образца за счет закрытой испытательной ячейки и автоматической регистрации проникания воды через образец. При подключении в электрическую цепь прибора амперметра можно проводить исследование кинетики промокания материала, непрерывно регистрируя силу тока, проходящего через увлажняющийся при определенном гидростатическом давлении материал. Такое использование прибора позволяет устанавливать время промокания КТМ при воздействии на него заданного гидростатического давления.

2. Разработано устройство, позволяющее изучать паропроницаемость КТМ в изотермических условиях с возможностью задания различных температурно-влажностных режимов испытания и различной скорости движения воздуха.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология : учеб.-метод. пособие. М. : Синтег, 2007. 668 с.
2. Орленко Л. В., Гаврилова Н. И. Конфекционирование материалов для одежды : учеб. пособие. М. : Форум : Инфра-М, 2022. 287 с.
3. DIN EN 343:2019. Protective clothing – Protection against rain. – Intr. 2019-03-20. German version. Berlin, 2019. 18 p.

Благодаря конструктивному исполнению, позволяющему устанавливать устройство внутри климатической камеры, с помощью устройства возможно, варьируя параметры испытаний, выявить для каждого типа КТМ зону оптимальных климатических условий, при которых КТМ «работает» на удаление парообразной влаги из под-одежного пространства наиболее эффективно.

3. Разработана и запатентована установка [10] и методика исследования эксплуатационных свойств КТМ в различных температурно-влажностных условиях. Методика предполагает моделирование эксплуатационных механических нагрузок в климатической камере при воздействии на материалы любого заданного количества циклов механических нагружений в широком диапазоне температур при различной влажности в соответствии с назначением материала. Установка позволяет проводить исследования, задавая соответствующие условиям эксплуатации вид, величину и скорость нагружения (возможны: знакопеременный изгиб («берущая складка»), сжатие – растяжение – кручение, изгиб – растяжение, растяжение пробы до 50 % при длине образца 20 см, изменение скорости нагружения до 300 циклов в минуту).

4. Для исследования износостойкости ниточных швов разработана методика оценки сохранения внешнего вида шва в процессе моделирования эксплуатации и предложена установка для ее реализации. Установка позволяет многократно с определенной частотой подвергать образцы материалов циклическому изгибу и растяжению при различных заданных значениях деформации и скорости воздействия [11].

#### ВЫВОДЫ

Разработана методология оценки эксплуатационных свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Методология открывает широкие возможности исследования и систематизации материалов по уровню проявляемых в эксплуатации свойств, что создает предпосылки проектирования структуры материалов с заданными свойствами и аналогового описания процесса эксплуатации для перехода к виртуальному выбору состава и структуры КТМ для водонепроницаемой одежды конкретного вида.

4. Матрохин А. Ю. Мировые стандарты оценки качества текстильных материалов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. 2016. № 2. С. 30–35.
5. Буркин А. Н., Панкевич Д. К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография. Витебск : ВГТУ, 2020. 190 с.
6. Smith W. C. *Smart Textile Coatings and Laminates*. 2nd ed. Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
7. Метелёва О. В. Теоретико-технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств : дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2007. 253 с.
8. Буркин А. Н., Махонь А. Н., Панкевич Д. К. Эксплуатационные свойства текстильных материалов : монография. Витебск : ВГТУ, 2019. 217 с.
9. Патент РБ № 12855, Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления : № у 20210283; заявл. 15.10.2021; опубл. 30.04.2022, Бюл. № 2 / Буркин А. Н., Панкевич Д. К., Ивашко Е. И., Терентьев А. А. 1 с.
10. Патент РБ № 12574, Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Установка для испытания эластичных полимерных материалов : № у 20200088; заявл. 04.04.2020; опубл. 30.04.2021, Бюл. № 2 / Буркин А. Н., Борозна В. Д., Лядова А. С., Панкевич Д. К., Радюк А. Н., Терентьев А. А.; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет». 1 с.
11. Панкевич Д. К., Шеремет Е.А., Наумова Ю. В. Оценка качества ниточных соединений, применяемых в швейных изделиях из мембранных материалов // *Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения* : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 9–10 ноября 2021 г.) / редкол.: С. Н. Лебедева [и др.]. Гомель : Белорус. торгово-экон. ун-т потребит. кооперации, 2021. С. 118–123.

## REFERENCES

1. Novikov A. M., Novikov D. A. *Methodology*. Moscow, Sinteg Publ., 2007. 668 p. (In Russ.)
2. Orlenko L. V., Gavrilova N. I. *Confectioning clothing materials\**. Moscow, Forum Publ.; Infra-M publ., 2022. 287 p. (In Russ.)
3. DIN EN 343:2019. *Protective clothing – Protection against rain*. – Intr. 2019-03-20. German version, Berlin, 2019. 18 p.
4. Matrohin A. Yu. *World standards for assessing the quality of textile materials\**. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)]. 2016;2:30–35. (In Russ.)
5. Burkin A. N., Pankevich D. K. *Hygienic properties of membrane textile materials*. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2020. 190 p. (In Russ.)
6. Smith W. C. *Smart Textile Coatings and Laminates*. 2nd ed. Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
7. Metelyova O. V. *Theoretical and technological development of processes for sealing garments to obtain waterproof properties\**. Dr. eng. sci. diss. Ivanovo, 2007. 253 p. (In Russ.)
8. Burkin A. N., Mahon' A. N., Pankevich D. K. *Performance properties of textile materials*. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2019. 217 p. (In Russ.)
9. Burkin A. N., Pankevich D. K., Ivashko E. I., Terent'ev A. A. *A device for determining the water resistance of materials using the hydrostatic pressure method\**. Patent RB no. 12855, MPK G01N3/20. No. u 20210283; zayavl. 15.10.2021; opubl. 30.04.2022, Byul. No. 2. 1 p. (In Russ.)
10. Burkin A. N., Borozna V. D., Lyadova A. S., Pankevich D. K., Radyuk A. N., Terent'ev A. A. *A device for testing elastic polymer materials\**. Patent RB no. 12574, MPK G01N3/20. No. u 20200088; zayavl. 04.04.2020; opubl. 30.04.2021, Byul. No. 2. 1 p. (In Russ.)
11. Pankevich D. K., Sheremet E.A., Naumova Yu. V. *Evaluation of the quality of thread connections used in garments made of membrane materials*. *Soyuz nauki i praktiki: aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya tovarovedeniya: sbornik statej* [Union of Science and Practice: Actual Problems and Prospects for the Development of Commodity Science: collection of articles]. Gomel', Belorussian trade-economic university of consumer cooperation Publ., 2021, pp. 118–123. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.02.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

Научная статья

УДК 687.1:536.2]:519.876.5

EDN RTKNFX

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-11-15

Маргарита Всеволодовна Родичева<sup>1</sup>

Антон Вячеславович Абрамов<sup>2</sup>

Николай Николаевич Уткин<sup>3</sup>

Полина Михайловна Малярова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, г. Орел, Россия

<sup>2,3,4</sup>Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

<sup>1</sup>rodicheva.unpk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1092-6141>

<sup>2</sup>Ant-lin88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7082-1344>

<sup>3</sup>pmalyarova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4177-5211>

<sup>4</sup>kol.utkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6211-5565>

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕПЛОВЫМ РАСЧЕТАМ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ОДЕЖДЫ

**Аннотация.** Существующие математические модели теплообмена не в полной мере учитывают форму и размеры воздушных прослоек вентилируемой одежды. Предложен метод численного моделирования, который позволяет исследовать теплообмен в воздушных прослойках с учетом влияния морфологии тела человека и физико-механических свойств текстильных материалов. В результате расчетов выявлены особенности конвективных процессов в воздушных прослойках вентилируемой одежды при температуре окружающей среды +27 °С. Выявлены зоны интенсификации и торможения воздушного потока, определена теплоотдача с поверхности тела человека, интенсивность которой соответствует результатам физиологических исследований.

**Ключевые слова:** вентилируемая одежда, пакеты материалов с воздушными прослойками, теплообмен, численное моделирование, проектирование, геометрическая модель, виртуальный манекен

**Для цитирования:** Новые подходы к тепловым расчетам вентилируемой одежды / М. В. Родичева, А. В. Абрамов, Н. Н. Уткин, П. М. Малярова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 11–15. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-11-15>.

Original article

Margarita V. Rodicheva<sup>1</sup>

Anton V. Abramov<sup>2</sup>

Nikolai N. Utkin<sup>3</sup>

Polina M. Malyarova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

<sup>2,3,4</sup>Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

## NEW APPROACHES TO THERMAL CALCULATIONS OF VENTILATED CLOTHING

**Abstract.** It is shown that the existing mathematical models of heat transfer do not fully take into account the real shape and dimensions of the air layers of ventilated clothing. A numerical modelling method is proposed that takes into account the influence of the morphology of the human body and the physical and mechanical properties of textile materials on the size and shape of the air gap. Peculiarities of convective processes in the air interlayers of ventilated clothing at the ambient temperature of +27 °C are revealed by the calculations. The zones of intensification and deceleration of the air flow under the clothes were revealed. It is shown that the results of calculations are consistent with the results of experimental studies.

**Keywords:** ventilated clothing, air-laid material packs, heat and mass transfer, numerical simulation, projecting, geometric model, virtual mannequin

**For citation:** Rodicheva M. V., Abramov A. V., Utkin N. N., Malyarova P. M. New approaches to thermal calculations of ventilated clothing. Technologies & Quality. 2022. Nr 2(56). P. 11–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-11-15>.

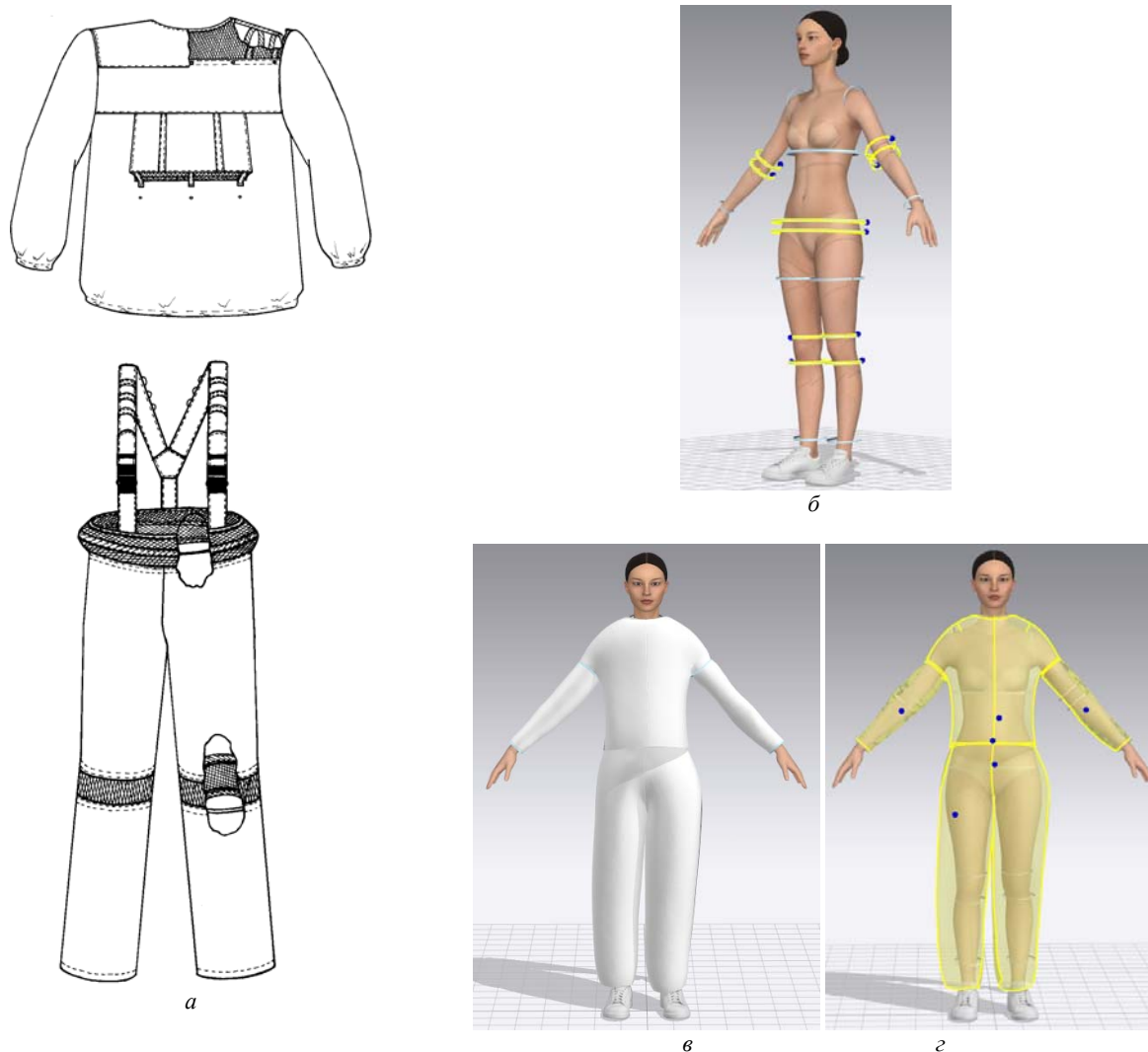
© Родичева М. В., Абрамов А. В., Уткин Н. Н., Малярова П. М., 2022

Вентилируемая одежда является одним из средств защиты человека от перегрева. Принцип ее действия заключается в организации регулируемого движения воздуха в воздушных прослойках пододежного пространства. Ее размеры фиксируются системой каркасных элементов, а забор воздуха под одежду осуществляется посредством вентиляционных вставок. В результате под одеждой формируется конвективный поток, который усиливает теплоотвод с поверхности тела человека.

Проектирование вентиляруемой одежды связано с необходимостью исследования теплообмена в вентиляруемых воздушных прослойках. При этом необходимо получить геометрическую модель прослойки с учетом морфологии тела человека и физико-механических свойств текстильных материалов и рассчитать интенсивность конвективной теплоотдачи от тела человека при различных начальных условиях.

В современных численных моделях воздушная прослойка представлена в виде правильного прямоугольника. В то же время за счет сложной структуры поверхности тела человека и драпирования изделий под влиянием физико-механических свойств текстильных материалов воздушные прослойки вентиляруемой одежды не могут быть представлены простыми геометрическими фигурами [1].

М. Денг с соавторами предложила исследовать форму воздушных прослоек одежды методами трехмерного сканирования [2]. Реализация метода на примере вентиляруемой одежды для промышленных теплиц (рис. 1а) выявила существенные погрешности, ограничивающие его применимость для оценки вентиляруемой одежды. Таким образом, на настоящий момент отсутствует общепринятый метод исследования тепловых процессов в вентиляруемой одежде, что является фактором, сдерживающим ее дальнейшее развитие.



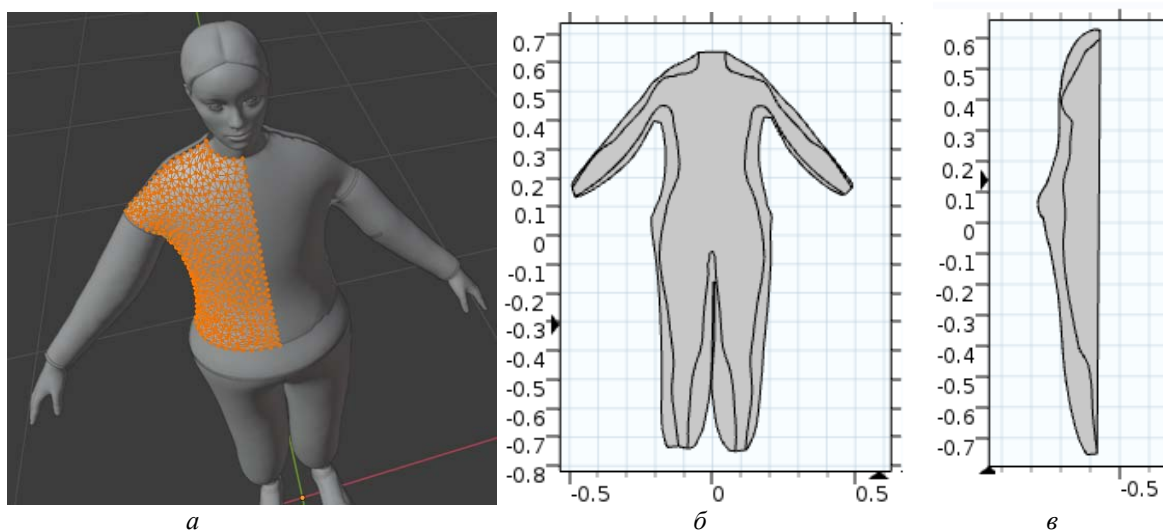
**Рис. 1. Комплект вентиляруемой одежды для работников тепличных хозяйств:**  
 а – схема вентиляруемой одежды; б – схема каркасных колец на теле виртуального манекена;  
 в, г – модели вентиляруемой одежды на виртуальном манекене

Авторский метод решения этой задачи предполагает получение модели вентилируемой одежды на виртуальном манекене. Для этого на его теле задаются каркасные элементы двух групп (рис. 1б). Каркасы на опорных поверхностях остаются неподвижными в процессе вычислительного эксперимента. Каркасы, ограничивающие сетчатые вставки (отмечены точками •), могут перемещаться относительно тела, что позволяет оценить эффективность различных вариантов размещения воздухозаборных вставок.

На этих каркасах проектируется комплект вентилируемой одежды (рис. 1в, г). В представленном случае он изготовлен из ткани с высокой эластичностью, что вызывает натяжение изделия в области груди и снижает площадь поперечного сечения воздушной прослойки на

этом участке. Это граничное условие введено в геометрическую модель с целью оценки чувствительности численной модели.

Для вычисления конвективных процессов в воздушной прослойке пододежного пространства формируется матрица точек, характеризующих поверхность одежды и тела манекена (например, рис. 2). Их логическая разность является точной геометрической моделью воздушной прослойки вентилируемой одежды. Как видно, средняя толщина стабилизированной воздушной прослойки составляет 20 мм. В области груди она снижается до 3 мм. Таким образом, в процессе виртуального проектирования получена воздушная прослойка вентилируемой одежды, которая существенно отличается от общепринятых геометрических моделей.



**Рис. 2. Геометрия воздушной прослойки:**

а – матрица координат полочки куртки; б – плоскостная проекция воздушной прослойки на виде спереди; в – плоскостная проекция воздушной прослойки на виде сбоку

Для описания конвективных процессов в воздушной прослойке составлена система уравнений энергии, движения и неразрывности:

$$\begin{cases} \rho C_p u \nabla T + \nabla q = Q + Q_p + Q_{vd}; \\ q = -k \nabla T; \\ \nabla[-\rho I + \mu(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F + \rho g; \\ \rho \nabla(u) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

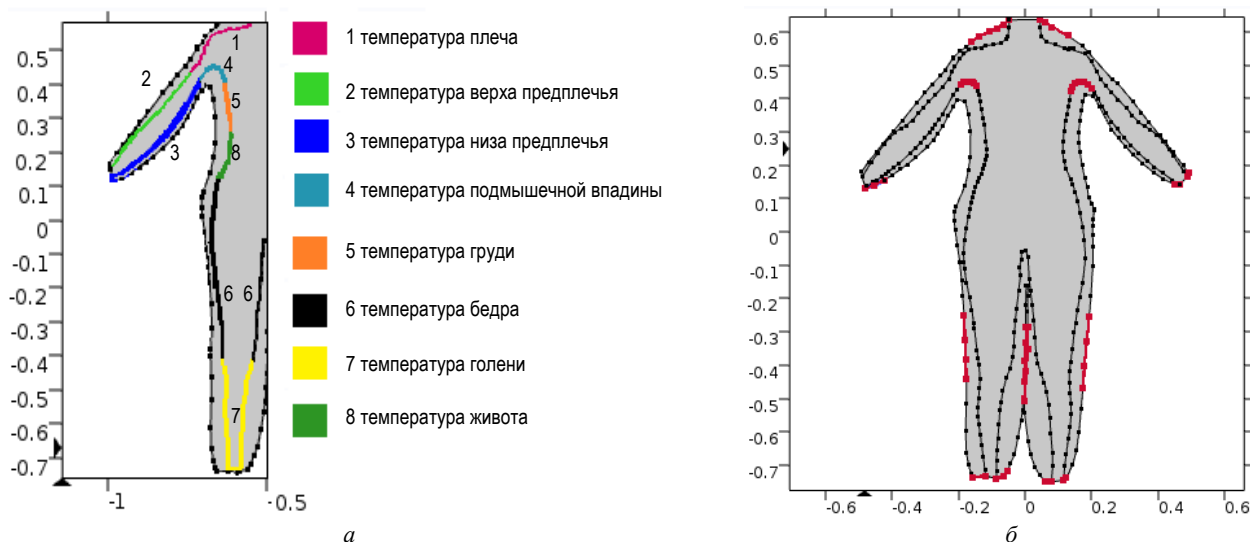
где  $\rho$  – плотность воздуха при температуре  $T$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $C_p$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);  
 $T$  – температура воздуха, К;  
 $q$  – плотность теплового потока с поверхности тела человека;

$Q$  – общее количество тепла, вносимое воздухом с температурой  $T$  в расчетный объем;  
 $Q_p$  – общее количество тепла, снимаемое с поверхности тела человека естественной конвекцией, Вт;  
 $Q_{vd}$  – общее количество тепла, уносимое из-под одежды за счет естественной конвекции;  
 $k$  – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре  $T$ , Вт/(м·К);  
 $I$  – единичный вектор в уравнении движения;  
 $\mu$  – кинематическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с;  
 $u$  – скорость воздуха, развиваемая за счет естественной конвекции;  
 $F$  – сила, побуждающая восходящее движение воздуха (рассчитывается через разность температур и плотностей по приближению Буссинеска);  
 $g$  – вектор силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

По этой системе на составленной расчетной геометрии решена вторая краевая задача Неймана для граничных условий второго рода.

Начальными условиями при решении выступают температуры воздуха в окружающей среде и пододежном пространстве, интенсивность метаболизма человека [3]. Граничные условия модели: температура кожи (рис. 3а)

и внутренней поверхности одежды также приняты по результатам исследований [4]. Температура сетчатых вставок принята равной температуре воздуха окружающей среды, а сами участки рассматриваются как открытые, что позволяет моделировать процессы входа воздуха под одежду и выхода в окружающую среду (рис. 3б).



**Рис. 3. Граничные условия численной модели:**

а – распределения поля температур на поверхности тела человека;  
б – открытые границы в системе уравнений конвективных процессов

Результатами решения выступают распределение полей температуры и скорости движения воздуха в прослойке, динамика тепловых потоков на поверхности тела человека. Рассмотрим пример расчета при температуре окружающей среды  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  и среднем уровне нагрузки на организм человека (уровень метаболизма  $Q = 100\text{ Вт}$ ), которые характерны для работы в условиях промышленной теплицы. Результаты решения модели для этих начальных условий представлены на рис. 4.

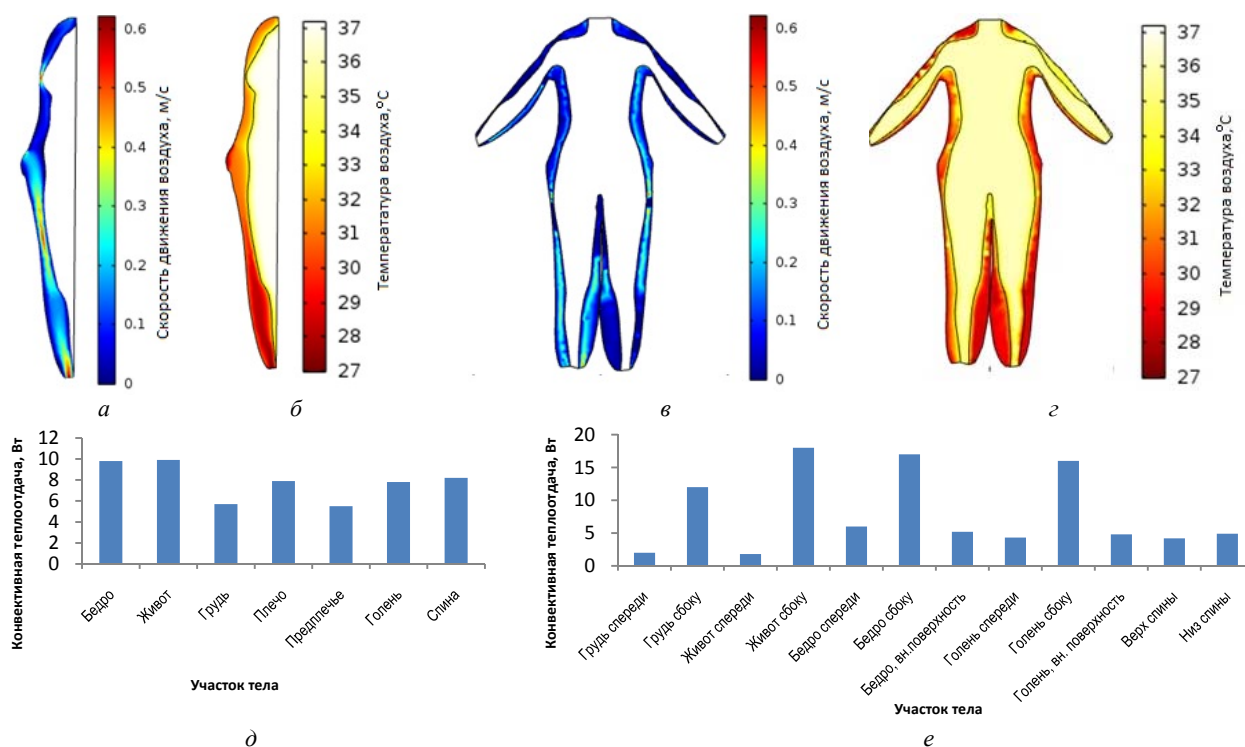
За счет более равномерной прослойки в области брюк скорость воздушного потока достигает  $0,4\text{ м/с}$  (рис. 4а), параметры воздушного потока становятся достаточно устойчивыми. В результате сужения воздушной прослойки в области груди средняя скорость воздуха в воздушной прослойке под плечевым изделием снижается до  $0,15\text{ м/с}$ .

Воздушные зоны с наиболее низкой температурой наблюдаются в местах забора возду-

ха под одежду. Средняя температура воздуха в области брюк близка к  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В верхней части комплекта, где восходящее движение затруднено, температура достигает  $30,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Конвективная теплоотдача с бедра и голени составляет  $4,6$  и  $2,7\text{ Вт}$  соответственно. Интенсивность конвективной теплоотдачи кожи в области груди и живота –  $1,0$  и  $1,8\text{ Вт}$  соответственно. Общая конвективная теплоотдача тела человека составляет  $63\text{ Вт}$ , что согласуется с результатами современных исследований [1].

## ВЫВОДЫ

Предложенный метод численного эксперимента позволяет исследовать форму воздушных прослоек вентилируемой одежды, а также моделировать протекающие в них процессы теплообмена. Результаты расчетов могут использоваться при проектировании вентилируемой одежды для различных климатических условий.



**Рис. 4. Некоторые результаты численного решения модели теплообмена в воздушной прослойке вентилируемой одежды\*:**

- а, б – поля скоростей и температуры воздуха в прослойке в боковом разрезе пакета материалов;  
 в, г – поля скоростей и температуры воздуха в прослойке в разрезе пакета материалов спереди;  
 д, е – результаты расчетов в виде конвективной теплоотдачи с поверхности термоманекена на различных участках

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Kang Z., Shou D., Fan J. Numerical modeling of body heat dissipation through static and dynamic clothing air gaps // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. Nr 157. P. 119–133.
- Deng M., Wang Yu, Li P. Effect of air gaps characteristics on thermal protective performance of firefighters' clothing: A review // *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2018. Nr 30(2). P. 246–267.
- ГОСТ Р ИСО 11079–2015. Определение холодового стресса и его интерпретация на основе показателей требуемой термоизоляции одежды и локального охлаждающего воздействия. М. : Стандартинформ, 2016. 39 с.
- Исследования влияния неравномерности воздушных прослоек в одежде на теплообмен человека с окружающей средой / М. В. Родичева, А. В. Абрамов, Е. Я. Сурженко, Д. А. Черненко // *Известия вузов. Технология легкой промышленности*. 2021. № 1(51). С. 24–30.

#### REFERENCES

- Kang Z., Shou D., Fan J. Numerical modeling of body heat dissipation through static and dynamic clothing air gaps. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020;157:119–133.
- Deng M., Wang Yu, Li P. Effect of air gaps characteristics on thermal protective performance of firefighters' clothing: A review. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2018;30(2):246–267.
- GOST R ISO 11079–2015. Opredelenie holodovogo stressa i ego interpretaciya na osnove pokazatelej trebuemoj termoizolyacii odezhdy i lokal'nogo ohlazhdayushchego vozdejstviya* [State Standart R ISO 11079–2015. Definition of cold stress and its interpretation based on the indicators of the required thermal insulation of clothing and local cooling effect]. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 39 p.
- Rodicheva M. V., Abramov A. V., Surzhenko E. Ya., Chernenko D. A. Investigation of the influence of non-uniformity air layers in clothing on the heat exchange of a person with the environment. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2021;1(51):24–30. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.02.2022  
 Принята к публикации 19.05.2022

\* Полноцветная версия представлена на сайте. URL: <https://tik.ksu.edu.ru>.

Научная статья

УДК 677.025

EDN MCJDHO

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23

Марина Валерьевна Зимина<sup>1</sup>

Любовь Леонидовна Чагина<sup>2</sup>

Владислав Викторович Иванов<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>ООО «Термопол», г. Москва,

<sup>1</sup>ziminamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

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

<sup>3</sup>i-vlad@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9233-8604>

## ОЦЕНКА ПАРПРОНИЦАЕМОСТИ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования характеристик паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями. Установлена целесообразность экспериментальной оценки этих показателей для современного ассортимента курточных тканей данной целевой аудитории. Анализ результатов показал, что значение паропроницаемости зависит от структурных характеристик и волокнистого состава систем материалов и изменяется в широком диапазоне. Сравнительный анализ характеристик паропроницаемости систем материалов позволяет при конфекционировании выбрать рациональный вариант для создания швейных изделий, отличающихся высокой потребительской ценностью с точки зрения обеспечения комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации. Результаты экспериментальных исследований могут применяться на стадии проектирования для прогнозирования характеристик паропроницаемости систем материалов курточного ассортимента одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями.

**Ключевые слова:** паропроницаемость, методика, системы материалов, льняной трикотаж, нетканые материалы, адаптивная одежда, люди с ограниченными двигательными возможностями

**Для цитирования:** Зимина М. В., Чагина Л. Л., Иванов В. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 16–23. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23>.

Original article

Marina V. Zimina<sup>1</sup>,

Lyubov' L. Chagina<sup>2</sup>,

Vladislav V. Ivanov<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>LLC "Thermopol", Moscow, Russia

## EVALUATION OF STEAM PERMEABILITY OF MATERIALS SYSTEMS FOR ADAPTIVE CLOTHING OF PEOPLE WITH LIMITED MOTOR CAPABILITIE

**Abstract.** The article presents the results of a study of the characteristics of vapour permeability of materials systems for adaptive clothing of people with motor disabilities. The expediency of experimental evaluation of these indicators for the modern range of jacket fabrics of this target audience has been established. The analysis of the results showed that the value of vapour permeability depends on the structural characteristics and fibrous composition of the material systems and varies in a wide range. A comparative analysis of the characteristics of the vapour permeability of the material systems allows, during confection, to choose a rational option for creating garments that are characterised by high consumer value from the point of view of providing comfortable microclimate conditions of the space under the clothes during operation. The results



*of experimental studies can be used at the design stage to predict the characteristics of vapour permeability of systems of materials of the jacket assortment of clothing for people with disabilities.*

**Keywords:** *steam permeability, technique, material systems, linen knitwear, nonwoven materials, adaptive clothing, people with limited motor disabilities*

**For citation:** Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. Evaluation of steam permeability of materials systems for adaptive clothing of people with limited motor capabilities. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 16–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-16-23>.

Качество жизни людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) в значительной степени определяется обоснованным выбором одежды, учитывающим ряд комплексных показателей [1–3]. Значимыми характеристиками являются функциональность и эргономичность, которые напрямую зависят от рационально сконструированной системы материалов адаптивной одежды [4, 5].

Одной из наиболее уязвимых категорий людей с ОВЗ являются маломобильные граждане, для которых эргономические и эксплуатационные требования к системе материалов можно считать основополагающими ввиду специфики заболевания. Вследствие структурно-функциональных изменений центральной и периферической нервной системы, а также нарушения деятельности внутренних органов и систем инвалиды-колясочники постоянно чувствуют недостаток тепла в нижних конечностях. Для этой категории людей особенно важно решить проблему конфекционирования материалов, заключающуюся в создании теплового комфорта и поддержании его за счет использования эффекта терморегуляции. Одним из свойств, обеспечивающих нормальные условия жизнедеятельности организма человека в пододежном пространстве, является удаление испарений через системы материалов. Недостаточный уровень паропроницаемости материалов одежды ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека в пододежном пространстве, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств, что в итоге приводит к переохлаждению организма в целом. Пары воды проникают через поры аналогично воздуху, а также в результате сорбции паров одной стороной материала из среды с повышенной влажностью воздуха и десорбции с другой стороны изделия в среду с пониженной влажностью. Соотношение количества пара, проходящего через систему материалов, напрямую зависит от структуры тканей, волокнистого состава и их сорбционных способностей.

Особенности адаптивной одежды, изготовленной из современных материалов с использованием различных покрытий, требуют комплексных исследований паропроницаемо-

сти. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании качества систем материалов адаптивной одежды и оценке комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе носки.

В результате анализа методов и средств определения паропроницаемости мембранных текстильных материалов выявлено, что во многих литературных источниках показана сложность измерения показателя, зависимость его фактических значений от условий эксперимента и неоднозначность интерпретации результатов [6–14]. Методы различаются условиями испытания, способами измерения, а также применяемыми методиками расчета. Все методы измерения паропроницаемости предусматривают создание разности парциальных давлений водяного пара по обеим сторонам образца. Их можно разделить на методы, в которых применяются перепады температур по сторонам образца; методы, не создающие температурного ингредиента; методы, в которых исследования производятся при неподвижном наружном воздухе; методы, в которых создается заданная скорость движения наружного воздуха [14].

Для производства адаптивной одежды курточного ассортимента используют различные материалы. При разработке систем материалов необходимо учитывать свойство каждого компонента. В целом пакетное решение должно способствовать поддержанию комфортного теплового состояния человека с ограниченными двигательными возможностями за счет оптимального пододежного микроклимата. Одним из условий нормального теплообмена организма является сорбция/десорбция водяных паров системами материалов адаптивной одежды.

Для исследования паропроницаемости выбраны образцы популярных курточных тканей (табл. 1) и утепляющих материалов отечественных производителей, сформированы пакетные решения (табл. 2).

Представленные ткани курточного ассортимента имеют одностороннее полиуретановое покрытие, обеспечивающее водонепроницаемость и ветрозащитные свойства. В структуру

некоторых из них для усиления прочности вложены армированные нити. В качестве второй составляющей системы материалов для адаптивной одежды людей с ОВЗ выбраны различные виды утепляющих нетканых материалов (НМ) на полиэфирной основе отечественного производителя ООО «Термопол», выпускающего продукцию торговой марки Холлофайбер®. Поверхностная плотность утепляющих материалов составляет 150 г/м<sup>2</sup>. Для подкладочного слоя предложено ввести в систему материалов льняной трикотаж ввиду особенностей льноволокна придавать материалам терморегулирующие функции, гигроскопичность, низкую электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам.

Используемая методика исследования паропроницаемости основана на создании по обе стороны испытываемого образца сред с различной влажностью и измерении количества водяных паров, проходящих через материал. Определение паропроницаемости производилось исходя из уменьшения веса стакана с водой, плотно закрытого образцом и помещенного в климатическую камеру с нормируемой влажностью воздуха и температурой. Для приближения условий эксперимента к эксплуатационным условиям испытания проведены при температуре 35...36 °С. Испытания проводились в течение 24 ч с измерением паропроницаемости через каждый час. Промежуточные значения исследуемых показателей с интервалом в 4 ч приведены в табл. 3.

Таблица 1

Характеристики исследуемых материалов

Наименование материала	Переплетение	Вид покрытия	Поверхностная плотность $M_s$ , г/м <sup>2</sup>
Оксфорд R/S	Полотняное, с добавлением армированной нити	Без покрытия	232
Оксфорд R/СПУ	Полотняное, с добавлением армированной нити	Одностороннее полиуретановое	249
Дюспо 240Т	Полотняное	Одностороннее полиуретановое	71
Ткань с мембранным покрытием	Саржевое	Одностороннее полиуретановое	150

Таблица 2

Пакетные решения систем материалов

Номер системы материалов	Компоненты системы материалов
1	Оксфорд R/S + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
2	Оксфорд R/СПУ + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
3	Дюспо 240Т + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
4	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберТермо + льняной трикотаж
5	Оксфорд R/S + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
6	Оксфорд R/СПУ + НМХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
7	Дюспо 240Т + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
8	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберПрофиМикро + льняной трикотаж
9	Оксфорд R/S + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
10	Оксфорд R/СПУ + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
11	Дюспо 240Т + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж
12	Материал с мембранным покрытием + ХоллофайберСофт + льняной трикотаж

Таблица 3

Показатели паропроницаемости систем материалов

Номер системы	Коэффициент паропроницаемости $B_n$ , г/ (м <sup>2</sup> ·ч)							$\Delta$ , г	$A$ , г/м <sup>2</sup> /24 ч	$B_o$ , %
	1	5	9	13	17	21	24			
1	677,7	437,2	389	367,2	359,7	352,6	349,9	16,48	8397,5	32,6
2	570,70	273,1	255,9	244,2	238,3	237,8	236,5	11,14	5676,4	22,0
3	580,9	179,3	144,3	130,5	123,2	117,9	116,8	5,5	2802,5	10,9
4	682,8	371	329,5	311,2	300	294,3	293,8	13,84	7052,2	27,4
5	280,3	224,2	221,4	217,9	213,4	216,4	216,6	10,2	5197,5	20,2
6	676,4	281,5	84,4	84,6	85	85,7	86,2	4,06	2068,8	8,1
7	606,4	175,2	129,7	111,3	104,3	982,7	95,5	4,5	2293,0	8,9
8	759,2	291,5	245,2	229,2	217,9	213,5	209,6	9,87	5029,3	19,5
9	713,4	296,6	248,5	228,1	217,9	211,1	209,8	9,88	5034,4	19,5
10	631,8	258,9	192,5	174,8	166	160,1	159	7,49	3816,6	14,8
11	631,8	194,6	148,9	130,9	123,2	116,5	114,4	5,39	2746,5	10,7
12	759,2	417,8	315,4	275,9	251,5	239,2	230,8	10,87	5538,9	21,5

Для оценки паропроницаемости систем материалов использовались следующие показатели.

*Коэффициент паропроницаемости  $B_h$* , позволяющий оценить количество водяных паров, прошедших через единицу площади материала в единицу времени:

$$B_h = \frac{m}{St}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса испарившейся влаги, г;

$S$  – площадь пробы;  $m^2$ ;

$t$  – время испытания, ч.

*Относительная паропроницаемость  $B_o$* , %, определяющая процентное отношение количества паров воды, прошедших через материал, к количеству воды, испарившейся из открытого сосуда.

*Показатель  $A$*  (в некоторых работах называемый абсолютной паропроницаемостью), наиболее распространенный в зарубежных методиках и определяющий количество пара (г), прошедшего через  $1 m^2$  за 24 ч.

*Показатель  $\Delta$* , г, отражающий количество испаренной воды за время проведения испытания (рис. 1). Угол отклонения кривой от горизонтальной оси, проведенной к начальной точке ис-

пытания, является косвенной характеристикой паропроницаемости: чем больше угол, тем больше паропроницаемость системы материалов.

Анализ полученных результатов подтверждает наличие трех этапов процесса изменения паропроницаемости материалов в течение времени испытания [13, 14]. Наиболее высокое значение коэффициента паропроницаемости систем материалов (рис. 2) характерно для начального периода испытаний, в течение которого происходит интенсивное заполнение льняного подкладочного материала парами влаги. Это связано с особенностями строения трикотажного полотна и его волокнистым составом. На следующем этапе наблюдается уменьшение величины коэффициента паропроницаемости. Снижение коэффициента паропроницаемости исследуемых систем материалов определяется с установлением сорбционного динамического равновесия в полотнах разной структуры, при этом изменение скорости передачи влаги менее выражено. Последний этап характеризуется установившимся режимом процесса влагопереноса через системы материалов и постоянной величиной коэффициента паропроницаемости. Характер изменения анализируемого показателя паропроницаемости аналогичен для всех исследуемых систем материалов.

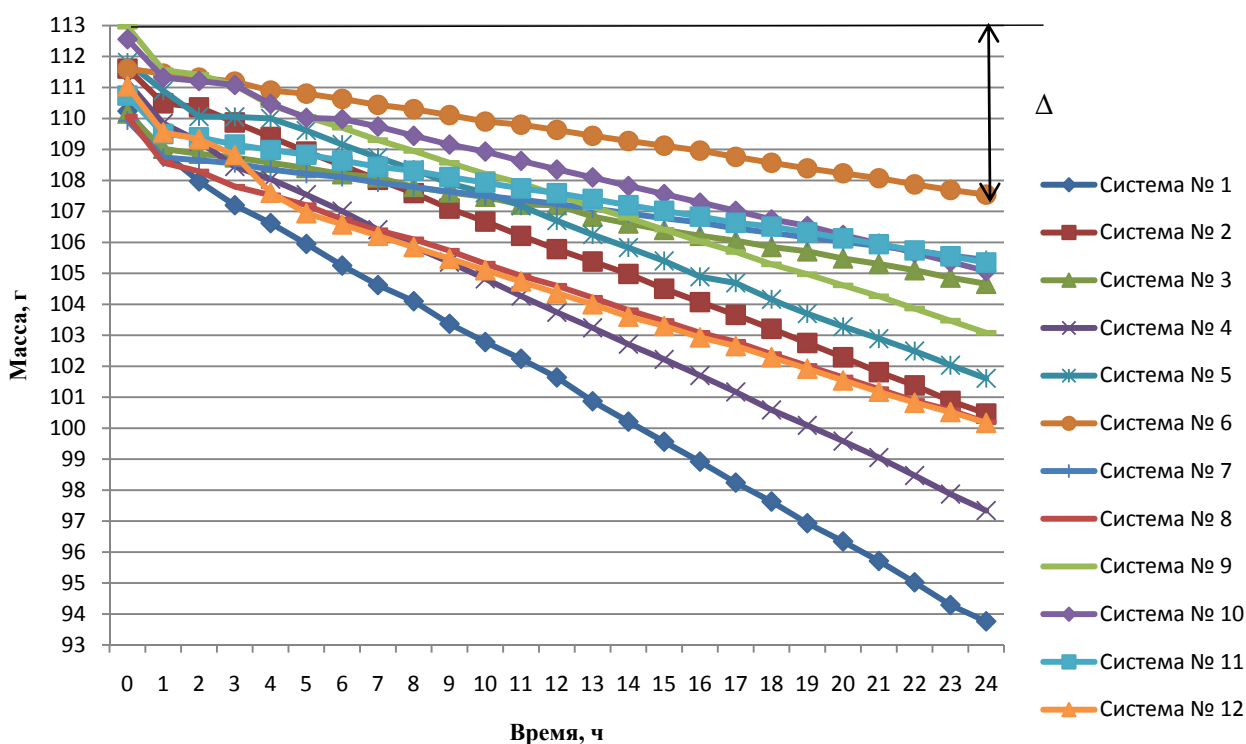


Рис. 1. Динамика изменения массы паров воды

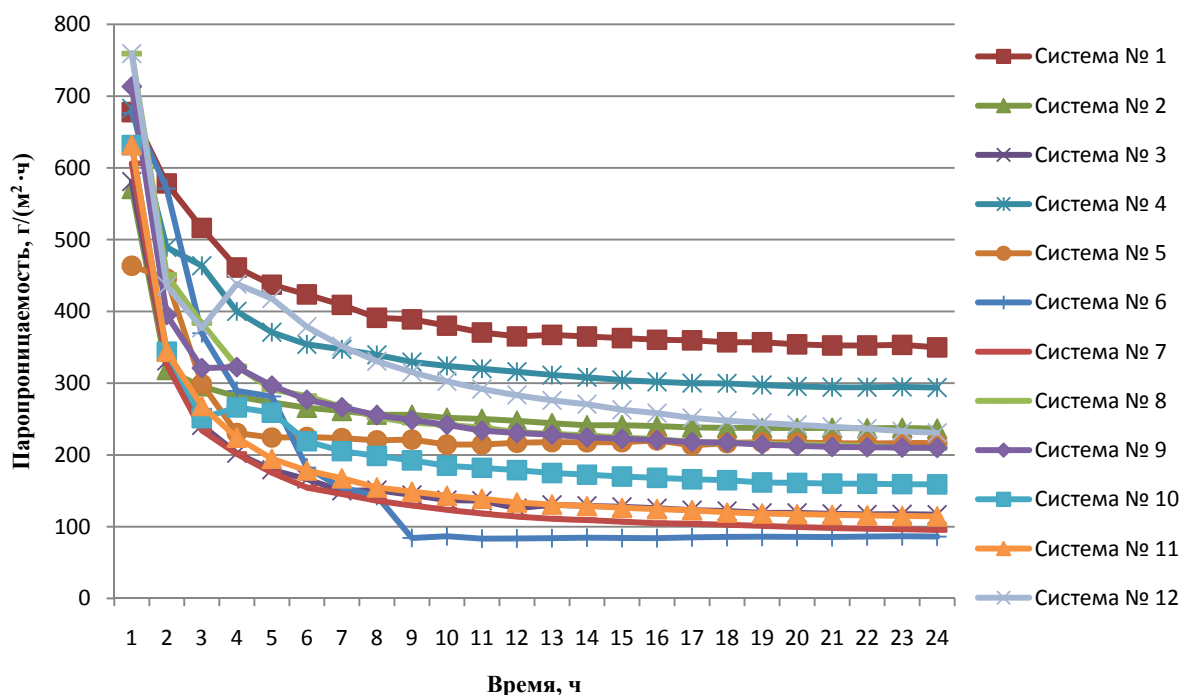


Рис. 2. Динамика коэффициента паропроницаемости

Следует отметить, что в настоящее время норм коэффициентов паропроницаемости систем материалов для одежды, включая адаптивную, не существует. Установленной нормой показателя паропроницаемости ткани верха специальной одежды для защиты от пониженных температур является значение не менее 400 г/(м²·ч). Скорость передачи влаги в исследуемых системах за первый час составляет 76,4...677,7 г/(м²·ч). Средние значения коэффициентов паропроницаемости за сутки находятся в диапазоне 86,2...349,9 г/(м²·ч). Различия в показателях коэффициента паропроницаемости обусловлены характеристиками строения и волокнистым составом каждой системы материалов.

Относительная паропроницаемость исследуемых объектов составляет 8,1...32,6 % (рис. 3), в половине случаев, попадая в интервал 20...50 %, указанный Н. А. Архангельским для тканей. Минимальная проницаемость отмечается у систем материалов № 3, 7, 11 с тканью верха Дюспо 240Т со значениями  $B_o = 10,9; 8,9; 10,7$  % соответственно для пакетных решений с утепляющими материалами: ХоллофайберТермо, ХоллофайберПрофиМикро, ХоллофайберСофт. Система материалов № 6 с тканью верха Оксфорд R/S/ПУ обладает самой наименьшей проницаемостью со значением  $B_o = 8,02$  %, что обусловлено сочетанием полиуретанового покрытия материала верха и двустороннего каландрирования прокладочного материала.

Максимальной паропроницаемостью обладают системы материалов № 1, 5, 9 с тканью

верха Оксфорд R/S без полиуретанового покрытия (соответственно  $B_o = 32,6; 20,2; 19,5$  %) и системы с тканью с мембранным покрытием № 4, 8, 12 (соответственно  $B_o = 27,4; 19,5; 21,5$  %).

Отличительной особенностью мембранных материалов, определяющей их потребительскую ценность для создания одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, является наличие полимерного мембранного слоя, который обеспечивает селективную проницаемость слоистого материала по отношению к влаге. Учитывая в комплексе паропроницаемость и водонепроницаемость систем материалов с тканью верха Оксфорд R/S и курточной ткани с мембранным покрытием, предпочтение для confeкционирования материалов в пакет одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями следует отдать мембранной ткани.

Анализируя влияние вида утепляющего материала, можно сделать вывод о наличии следующей закономерности: пакетные решения с неткаными материалами Холлофайбер в зависимости от вида НМ в порядке увеличения значения исследуемого свойства образуют ряд: ПрофиМикро, Софт, Термо. Для обеспечения более комфортного состояния в пододежном слое рекомендуется использовать утепляющий материал ХоллофайберТермо.

Существует рекомендуемое для мембранных тканей значение паропроницаемости, равное 5000 г/м²/24 ч при проведении испытаний методом вертикально стоящей чаши [6, 11]. Ко-

личество пара, прошедшего через 1 м<sup>2</sup> исследуемых систем за сутки находится в пределах 2068,8...8397,5 г/м<sup>2</sup>/24 ч.

На основе обработки данных экспериментальных исследований получены уравнения (в виде степенной функции, полинома второй и третьей степени), определяющие зависимость

изменения коэффициентов паропроницаемости. В табл. 4 в качестве примера приведены уравнения для систем № 1 и № 4. Достоверность аппроксимации  $R^2$  находится в пределах 0,86...0,98. Полученные уравнения позволяют вычислить коэффициент паропроницаемости систем материалов в любой момент времени.

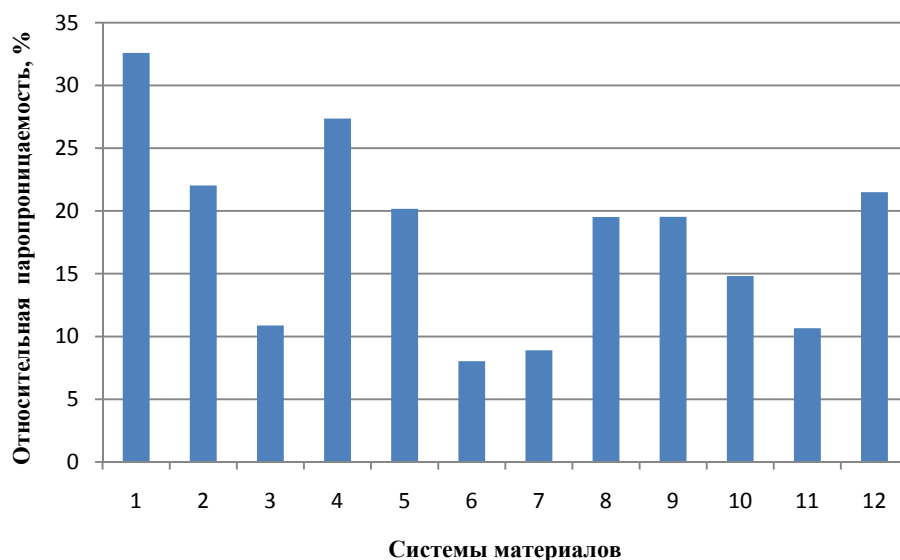


Рис. 3. Относительная паропроницаемость систем материалов

Т а б л и ц а 4

Примеры математических зависимостей

Система материалов № 1	Система материалов № 4
$B_h = -0,1t^3 + 5,03t^2 - 77,5t + 740,1$ ( $R^2 = 0,98$ )	$B_h = -0,14t^3 + 6,57t^2 - 98,3t + 758,8$ ( $R^2 = 0,97$ )
$B_h = 1,15t^2 - 39,9t + 672,61$ ( $R^2 = 0,90$ )	$B_h = 1,42t^2 - 48,24t + 669,02$ ( $R^2 = 0,86$ )
$B_h = 647,2 t^{-0,21}$ ( $R^2 = 0,97$ )	$B_h = 632,48 t^{-0,265}$ ( $R^2 = 0,94$ )

Таким образом, в результате проведенных испытаний выявлены системы материалов, которые по показателям паропроницаемости могут применяться для изготовления адаптивной одежды. Наиболее рациональной из исследуемых систем материалов является пакетное решение, включающее материал с мембранным покрытием, утепляющий материал ХоллофайберТермо и льняное трикотажное полотно. Преимуществом, определяющим их потребительскую ценность, является обеспечение комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что одним из основных показателей качества систем материалов для адаптивной одежды, позволяющим установить ди-

намику изменения влажности в пододежном пространстве и влияющим на ощущение комфорта, является паропроницаемость.

2. Проведены комплексные исследования характеристик паропроницаемости, результаты которых позволяют грамотно и обоснованно подходить к вопросам конфекционирования материалов в пакеты одежды для людей с ОВЗ. Выявлена рациональная система материалов курточного ассортимента адаптивной одежды, с точки зрения обеспечения комфортных условий микроклимата пространства под одеждой в процессе эксплуатации.

3. Исследована динамика скорости передачи водяного пара через системы материалов и получены математические зависимости изменения коэффициента паропроницаемости от времени, позволяющие прогнозировать характеристики исследуемого свойства.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 11–17.
2. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. К вопросу создания одежды для людей с ограниченными возможностями здоровья // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : сб. статей Междунар. науч.-техн. конф. М. : РГУ, 2020. Ч. 2. С. 116–119.
3. Зими́на М. В., Груздева А. П., Чаги́на Л. Л. Методика исследования и прогнозирования характеристик жесткости при изгибе материалов для проектирования адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 22–29.
4. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Конфекционирование материалов для адаптивной одежды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. : в 2 ч. Кострома : Костром. гос. ун-т, 2021. Ч. 2. С. 30–33.
5. Чаги́на Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 45–48.
6. Панкевич Д. К., Черкасова Т. С. Структура и свойства водозащитных мембранных текстильных материалов для одежды // Материалы и технологии. 2021. № 1(7). С. 35–42.
7. Tehrani-Bagha A. R. Waterproof breathable layers – A review // Colloid and Interface Science. 2019. Nr 268. P. 114–135.
8. Williams J. T. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. 590 p.
9. Светлов Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности : учеб. пособие для вузов. М. : Академия, 2003. 384 с.
10. Самыгин В. К. Определение влагопроводности текстильных материалов при гигиенической оценке одежды // Исследование свойств химических и натуральных нитей, пряжи и тканей из них. М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1981. С. 87–90.
11. Буркин А. Н., Панкевич Д. К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография / под общ. ред. А. Н. Буркина. Витебск : ВГТУ, 2020. 190 с.
12. Влияние эксплуатационных факторов на паропроницаемость мембранных тканей и пакетов одежды / В. И. Бесшапошникова, Н. А. Климова, Н. В. Бесшапошникова, Н. Е. Ковалева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6(390). С. 51–54.
13. Дрозд М. И., Марцинкевич Т. Ф., Михалко М. Н. Оценка паропроницаемости трикотажных бельевых полотен // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2012. № 2(23). С. 34–40.
14. Луньков М. А., Куличенко А. В. Разработка экспресс-метода оценки паропроницаемости текстильных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 3. С. 24–26.

## REFERENCES

1. Zimina M. V., Chagina L. L. Analysis of the range of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):11–17. (In Russ.)
2. Zimina M. V., Chagina L. L. On the issue of creating clothes for people with disabilities. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2020): sb. st. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations-2020): collection of articles of International Scientific and Technical conf]. Moscow, Russian State University Publ., 2020;2:116–119. (In Russ.)
3. Zimina M. V., Gruzdeva A. P., Chagina L. L. Methodology for the study and prediction of stiffness characteristics during bending trials for the design of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;4(54):22–29. (In Russ.)
4. Zimina M. V., Chagina L. L. Confection of materials for adaptive clothing. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij : sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. : v 2 ch.* [Scientific research and development in the field of design and technology materials: collection of articles of the All-Russian Scientific and practical Conference]. Kostroma, Kostrom. State University Publ., 2021;2:30–33. (In Russ.)
5. Chagina L. L., Smirnova N. A. The influence of the properties of the initial components of the clothing package on the quality of the finished product. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologi-*

- cheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2008;17:45–48. (In Russ.)
6. Pankevich D. K., Cherkasova T. S. Structure and properties of waterproof membrane textile materials for clothing. *Materials and technologies* [Materials and technologies]. 2021;1(7):35–42. (In Russ.)
  7. Tehrani-Bagha A. R. Waterproof breathable layers (a review). *Colloid and Interface Science*. 2019;268: 114–135.
  8. Williams J. T. *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2018. 590 p.
  9. Svetlov Yu. V. *Thermal moisture processes in materials and products of light industry*. Moscow, Academy Publ., 2003. 384 p.
  10. Samygin V. K. Determination of hydraulic conductivity of textile materials in hygienic evaluation clothes // The study of the properties of chemical and natural fibers, yarns and fabrics made from them. Moscow, TsNIITEILegprom Publ., 1981. P. 87–90.
  11. Burkin A. N., Pankevich D. K. Hygienic properties of membrane textile materials. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2020. 190 p. (In Russ.)
  12. Beshaposhnikova V. I., Klimova N. A., Beshaposhnikova N. V., Kovaleva N. E. The influence of operational factors on the vapor permeability of membrane fabrics and clothing packages\*. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2020;6(390):51–54. (In Russ.)
  13. Drozd M. I., Martsinkevich T. F., Mikhalko M. N. Assessment of vapor permeability of knitted linen cloths\*. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Vitebsk State Technological University]. 2012;2(23):34–40. (In Russ.)
  14. Lunkov M. A., Kulichenko A. V. Development of an express method for assessing the vapor permeability of textile fabrics. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2007;3:24–26. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.04.2022

Принята к публикации 19.05.2022

---

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

Научная статья  
УДК 677.02.002.56

EDN NXUTTY

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-24-28

Александр Валерьевич Орлов<sup>1</sup>

Евгений Львович Пашин<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup>aorlov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4995-3393>

<sup>2</sup>evgpashin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5871-874X>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ КОПРОВОГО ТИПА

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы совершенствования процесса работы разрывной машины К-1 на основе моделирования хода маятника с активным зажимом образца. Исследованы особенности регистрации координат движения маятника с помощью инкрементального энкодера, а также ограничения на обработку исходных данных, необходимых для расчетов при моделировании процесса движения. Обоснованы рекомендации по корректной оценке угловых координат путем периодического отслеживания текущего положения оси маятника. Предложен вариант, основанный на фиксации интервалов времени, прошедших между сигналами энкодера. На данной основе разработан методика моделирования движения маятника, позволяющая максимально приблизить расчетные результаты к экспериментальным данным. В итоге спроектирована и создана программная система для моделирования. Установлена высокая степень соответствия между моделью и фактическим поведением маятника. Полученные результаты предлагается использовать при создании расчетного метода поверки метрологических параметров, связанных с маятником машины К-1.

**Ключевые слова:** разрыв волокон, разрывное усилие, машина копрового типа, маятник, энкодер, угловые координаты, моделирование

**Для цитирования:** Орлов А. В., Пашин Е. Л. Совершенствование алгоритма моделирования работы разрывной машины копрового типа // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 24–28. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-24-28>.

Original article

Alexander V. Orlov<sup>1</sup>,

Evgeniy L. Pashin<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia

## IMPROVING THE SIMULATION ALGORITHM FOR THE WORK PROCESS OF PENDULUM-BASED TENSILE STRENGTH TESTING MACHINE

**Abstract.** Article considers approaches to improve the functioning of tensile strength testing machine K-1, based on modelling the mechanical and informational processes of its operation. The pendulum movement registration process is analysed in detail, resulting in a set of restrictions imposed on data processing methods used during simulation. Based on this, a set of recommendations is developed, regarding the correct way to track pendulum's motion. It is suggested to register intervals between consecutive encoder pulses, rather than independently poll encoder's current position using a timer. Based on this idea, a simulation algorithm is developed that allows for a close reproduction of the properties of the data gathered during experiment. This algorithm is implemented in a software system. The data produced by this system closely resembles the data gathered during experiments with a real device. As such, the model and the algorithm can be used to develop a quality control system for the K-1 machine.

**Keywords:** fibre split, tensile strength, pendulum-base testing machine, pendulum, incremental encoder, angular coordinates, simulation



**For citation:** Orlov A. V., Pashin E. L. Improving the simulation algorithm for the work process of pendulum-based tensile strength testing machine. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 24–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-24-28>.

Для обеспечения сходства условий испытания на разрыв лубяных волокон при их стандартизации с реальными видами их нагружения, имеющими место в процессах переработки и эксплуатации, была создана новая разрывная машина копрового типа – К-1. Ее особенностями являются повышенная скорость деформирования волокон при одноосном разрыве, а также определение разрывного усилия волокна на основе контроля углового ускорения рабочего органа (маятника) с активным зажимом образца [1].

Контроль движения маятника предложено осуществлять на основе математической обработки угловых координат с применением датчика угловых перемещений (инкрементального энкодера).

Однако для реализации этапов математической обработки поступающих от энкодера сигналов возникла проблема зависимости применяемых алгоритмов от особенностей данных, получаемых в процессе разрушения испытываемого образца. Для разрешения указанной проблемы возникла необходимость в моделировании процесса взаимодействия маятника разрывной машины с образцом в процессе его натяжения и разрушения. Результаты моделирования будут использованы для разработки эффективного алгоритма обработки исходных данных, используемых для определения разрывной нагрузки. Это является целью исследований.

Основной задачей инкрементального энкодера, как основного измерительного элемента машины К-1, является регистрация угла поворота вала, на котором закреплен маятник с активным зажимом. Для реализации процесса измерения требуется отследить движение маятника,

в частности его угловую скорость  $\dot{\varphi}$  и угловое ускорение  $\ddot{\varphi}$ . Это позволяет оценить величину нагрузок, вносимых испытываемым образцом при его растяжении и зависящих от его механических свойств.

Однако поступающие с энкодера сигналы позволяют лишь фиксировать угол поворота вала относительно начального положения с заданным шагом  $\Delta\varphi$ , а также момент, когда вал повернется на угол  $\Delta\varphi$  относительно предыдущего зафиксированного положения. Это является следствием принципа действия инкрементальных энкодеров [2]. При таких условиях становится возможным отслеживать положение вала, контролируя напряжение на выходах энкодера с помощью микроконтроллера с поддержкой прерываний, например семейства AVR [3]. Связав вызов прерывания с перепадом напряжения на выходах энкодера, можно изменять значение переменной-счетчика параллельно движению вала. Важно заметить, что такой метод будет работоспособен до тех пор, пока временной интервал между сигналами энкодера превышает время реакции на прерывание. Например, в качестве грубой верхней оценки допустимой частоты сигналов энкодера можно принять 1 % от тактовой частоты используемого микроконтроллера.

Следует отметить, что в таких условиях для определения закономерностей движения вала требуется организовывать индивидуальные измерения в серию. При этом серия измерений может быть синхронизирована по времени (рис. 1а) или по сигналам энкодера (рис. 1б).

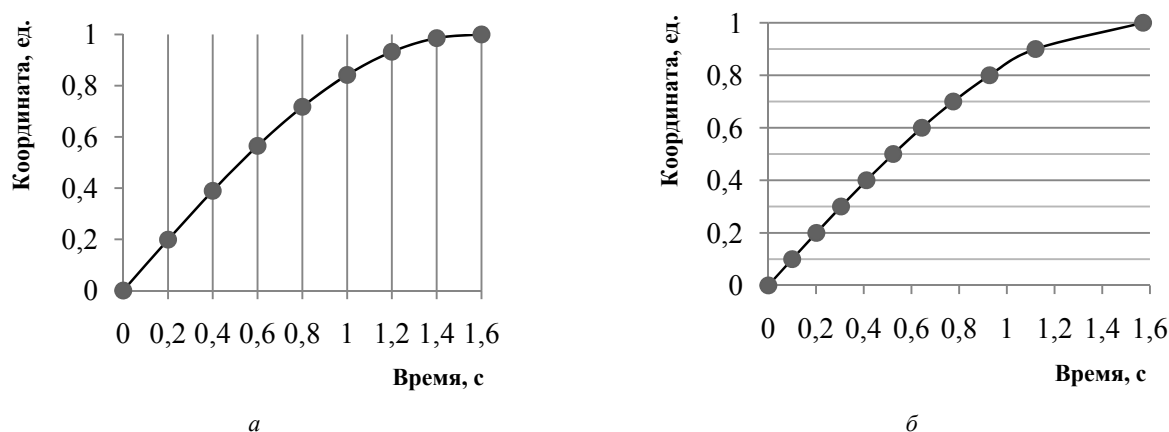


Рис. 1. Схематичное представление значений угловых координат, полученных при синхронизации по времени (а) и по сигналам (б)

Тем не менее построение серии измерений, синхронизированных по времени, сопряжено с рядом рисков, значительно повышающих требования к параметрам считывающего устройства, например микроконтроллера. Алгоритм отслеживания положения вала энкодера может конфликтовать с алгоритмом регистрации движения вала во времени. Такого рода ошибки трудно предсказуемы, а их корректное предотвращение повышает требования к частоте работы используемого микроконтроллера.

При построении серии измерений, синхронизированных по сигналу, регистрация положения вала энкодера происходит в тот момент, когда приходит очередной сигнал о его изменении. Такой подход позволяет регистрировать время прихода сигнала со значительно большей точностью. Еще одной полезной особенностью такого подхода является то, что при большей скорости вращения вала регистрация будет автоматически происходить с большей частотой. Это позволит достигнуть большего уровня детализации скоростных участков траектории маятника без увеличения объема памяти, необходимого для хранения данных, полученных на более медленных участках перемещения.

Указанные подходы позволяют получить табличное представление некоторой функции  $\varphi(t)$ , описывающей изменение угловой координаты маятника. Для получения сведений об угловой скорости потребуется произвести численное дифференцирование этой функции. Однако большинство методов численного дифференцирования построены на основе допущения о равномерности временных отсчетов дифференцируемой функции. Очевидно, что попытка применить эти методы к аperiодическим сериям, получаемым при синхронизации по сигналу, приведет к увеличению погрешности вычислений. Таким образом, появляется необходимость в учете неравномерности этих временных отсчетов.

В связи с этим возникает ряд сложностей при численном моделировании вышеописанных операций. Классический подход при математическом описании физических процессов подразумевает использование фиксированного временного шага, продолжительность которого значительно меньше продолжительности рассматриваемых процессов [4]. В нашем случае такой вариант неприменим. Вместо этого временной шаг при моделировании исследуемой системы следует определять динамически, в зависимости от скорости изменения ее состояния.

Примем в качестве состояния системы следующий набор величин: угловую координату

$\varphi$ , угловую скорость  $\dot{\varphi}$  и угловое ускорение  $\ddot{\varphi}$ . Если шаг  $\Delta t$  энкодера достаточно мал, можно считать вращение вала с маятником на этом интервале равноускоренным. Из этого предположения можно вывести выражение, связывающее состояние системы с временным шагом  $\Delta t$ :

$$\frac{\ddot{\varphi}\Delta t^2}{2} + \dot{\varphi}\Delta t - \Delta\varphi = 0. \quad (1)$$

Если выражение (1) имеет два корня, то наименьший положительный из них будет искомым значением  $\Delta t$ . При отсутствии таких корней маятник находится в высшей точке своей траектории и не достигнет следующего деления энкодера. В этом случае необходимо рассчитывать движение в обратном направлении, что достигается сменой знака перед  $\Delta\varphi$ .

Помимо  $\Delta t$ , также требуется определить величину  $\dot{\varphi}$  на следующей итерации. Ее возможно вычислить, используя основное уравнение динамики вращательного движения. Для нашей задачи это уравнение будет иметь следующий вид:

$$\ddot{\varphi}I = -mg \sin \varphi \cdot r_g + F_s(\varphi)r_s, \quad (2)$$

где  $I$  – момент инерции маятника;

$m$  – его масса;

$r_g$  – расстояние от оси вращения до центра масс маятника;

$r_s$  – расстояние от оси подвеса до точки приложения силы  $F_s$ .

Величина силы  $F_s$  определяется в зависимости от величины деформации образца  $dx = \varphi r_s$ .

Используя (2), итоговый алгоритм расчета движения маятника можно представить в виде блок-схемы, показанной на рис. 2. Моменты действующих сил, таких как сила тяжести или воздействие образца, обозначены как  $M_i$ . Определение шага  $\Delta t$  выполняется с помощью отдельного программного блока, который может существовать в двух реализациях. Будем считать вариант, обеспечивающий постоянство  $\Delta t$ , в качестве *регулярной* модели, а вариант, рассчитывающий  $\Delta t$  согласно формуле (1), – *нерегулярной*.

Для упрощения дальнейшего усовершенствования модели можно представить момент каждой силы, действующей на маятник, как функцию вида  $M_i(\dot{\varphi}, \varphi, t)$ . Такие функции могут быть реализованы в виде набора однотипных подпрограмм, что позволит расширять набор действующих сил, учитываемых в (2), а также изменять условия их действия, не затрагивая остальные части системы.

В качестве примера реализации алгоритма проведем симуляцию холостого хода маятника, при котором отсутствует воздействие со стороны образца. Остальные параметры симуляции примем равными и используемыми для разрывной машины К-1, а именно: масса маятника – 2,78 кг; расстояние от центра масс до оси вращения – 175 мм; момент инерции маятника – 0,1026 кг·м<sup>2</sup>; расстояние от точки крепления нити до оси вращения маятника – 58 мм; начальный угол отклонения – 1,11 рад. Симуляция проводилась с использованием регулярной и нерегулярной модели.

Результаты симуляции сравнивали с данными эксперимента, полученными при холостом ходе машины К-1 (рис. 3). Оказалось, что нерегулярная модель обеспечивает значительно большую степень сходства с опытными данными. Средняя относительная погрешность составляет 1,91 %, а на наиболее важном участке траектории (в зоне действия силы растяжения образца) она не превышает 6 %. При использовании регулярной модели выявлен недостаток в виде повышенной средней погрешности ( $\approx 37\%$ , с максимумом  $\approx 65\%$ ) на участке траектории, где наблюдается взаимодействие с образцом.

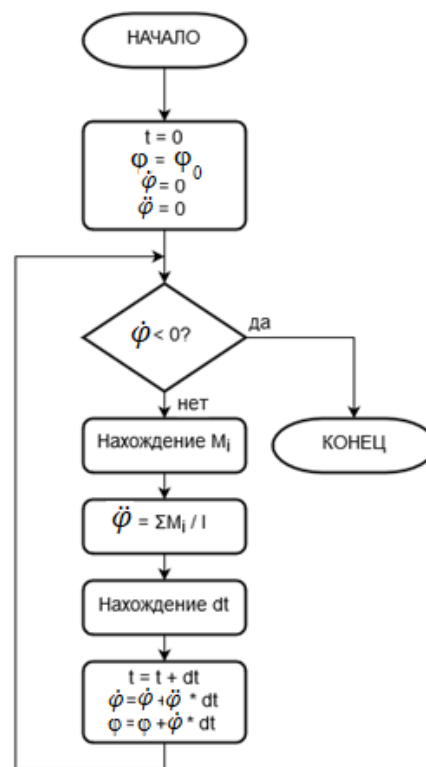


Рис. 2. Обобщенный алгоритм моделирования одного хода маятника

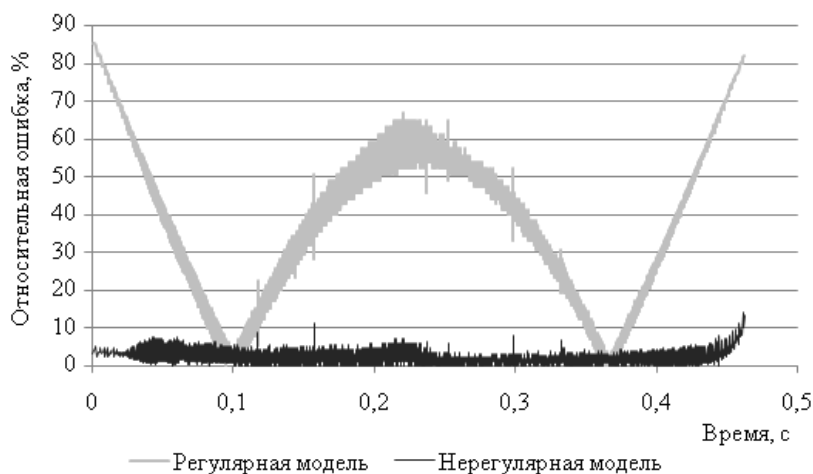


Рис. 3. Сравнение относительных ошибок двух методов расчета  $\Delta t$  по отношению к фактическим данным

Поскольку конечным результатом для сравниваемых результатов (при опытном испытании и моделировании) является получение зависимости  $\varphi(t)$ , был проведен сравнительный анализ этих зависимостей. Однако при сравнении временные отсчеты совпадали не полностью, что потребовало интерполяции модельных данных на сетку отсчетов экспериментальных данных. В качестве критерия сравнения было выбрано относительное отклонение расчетной величины  $\varphi(t)$  от фактического ее значения.

Результаты представлены на рис. 4. Из него следует преимущество нерегулярной модели, основанной на выражении (1). В этом случае ошибка моделирования оказывается примерно в 5...6 раз меньше, чем при использовании регулярной модели.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ особенностей динамики вращательного движения маятника разрывной машины К-1 с помощью инкрементального энкодера рекомендуется производить не путем периоди-

ческого отслеживания текущего положения вала с закрепленным маятником, а путем фиксации интервалов времени, прошедших между сигналами энкодера.

2. Учитывая, что большинство методов анализа экспериментальных данных и моделирования физических процессов строятся с допущениями о равномерности решетки отсчетов, их применение к полученным данным текущего положения вала с маятником может увеличить погрешность измерений. Поэтому не целесообразно пренебрегать неоднородностью решетки отсчетов при выборе численных методов обра-

ботки данных. При расчете угловой скорости и углового ускорения маятника машины К-1 рекомендуется использовать методы численного дифференцирования, допускающие неравномерность временных интервалов между отсчетами дифференцируемой функции.

3. Созданная программная система, моделирующая поведение маятника машины К-1, обеспечивает хорошую сходимость расчетных и экспериментальных результатов. Ее целесообразно использовать для создания расчетного метода поверки метрологических параметров, связанных с маятником машины К-1.

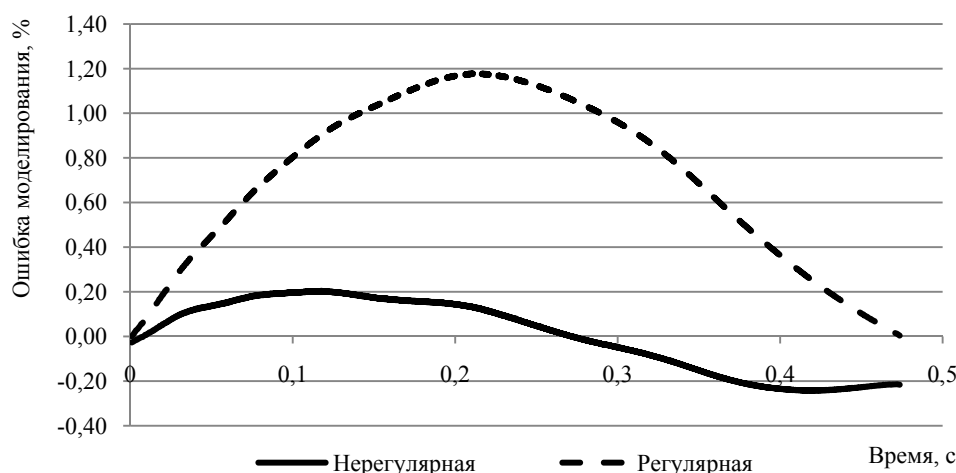


Рис. 4. Погрешности расчетов координаты при использовании разных моделей

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пашин Е. Л., Орлов А. В. Испытательная система контроля разрывных характеристик волокон и нитей при скоростном растяжении // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85, № 2. С. 60–64.
2. ЛИР-158Б. Инкрементный угловой энкодер // Специальное конструкторское бюро измерительных систем. Каталог продукции : офиц. сайт. URL: <https://skbis.ru/catalog/rotary/incremental-rotary-encoders/lir-158b> (дата обращения: 13.03.2022).
3. ATmega2560 // Microchip Technology Inc. The Embedded Control Solutions Company. URL: <https://www.microchip.com/en-us/products/en/ATmega2560> (дата обращения: 02.03.2022).
4. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. М. : Наука, 1989. 432 с.

#### REFERENCES

1. Pashin E. L., Orlov A. V. Testing system for controlling tensile characteristics of fibers and threads during high-speed stretching. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial laboratory. Material diagnostics]. 2019;2:60–64.
2. LIR-158B. Incremental rotary encoder. URL: <https://skbis.ru/catalog/rotary/incremental-rotary-encoders/lir-158b> (accessed: 13.03.2022).
3. ATmega2560. URL: <https://www.microchip.com/en-us/products/en/ATmega2560> (accessed: 02.03.2022).
4. Samarskij A. A., Gulin A. V. Numerical methods. Moscow, Nauka Publ., 1989. 432 p.

Статья поступила в редакцию 30.03.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

# ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.494

EDN ZWJNDS

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33

Александр Евгеньевич Карноухов<sup>1</sup>

Юлия Александровна Тимошина<sup>2</sup>

Эмиль Фаатович Вознесенский<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>1</sup>a.carnouhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4599-8148>

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

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

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЛАМИНИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫМИ ПЛЕНКАМИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования комплекса свойств металлизированных текстильных материалов, ламинированных полимерными пленками методом термопрессования. Нанесение медного металлического покрытия на поверхность текстильного материала производилось методом магнетронного распыления. Для повышения адгезии синтетических текстильных материалов к металлическому покрытию использовалась предварительная обработка в плазме высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления, осуществляемая непосредственно перед напылением металла в пределах одного технологического цикла. Установлено, что полученные металлизированные текстильные материалы обладают коэффициентом экранирования до 50 дБ, а использование для ламинирования перфорированных пленок позволяет получать материалы, обладающие воздухо- и паропрооницаемостью. Применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что способствует увеличению износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими свойствами.

**Ключевые слова:** магнетрон, металлизация, полимерная пленка, полиэтилен, полиуретан, полиэфирная ткань, высокочастотный емкостной разряд, коэффициент экранирования, адгезия

**Для цитирования:** Карноухов А. Е., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф. Получение электропроводящих текстильных материалов, ламинированных полимерными пленками // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 29–33. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33>.

Original article

Alexander E. Karnoukhov<sup>1</sup>

Yulia A. Timoshina<sup>2</sup>

Emil F. Voznesensky<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## PRODUCTION OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE TEXTILE MATERIALS LAMINATED WITH POLYMER FILMS

**Abstract.** The article presents the results of a study of the complex properties of metallised textile materials laminated with polymer films by thermal pressing. The application of a copper metal coating to the surface of a textile material was carried out by magnetron sputtering. To increase the adhesion of synthetic textile materials to the metal coating, pretreatment in plasma of a radio-frequency capacitive (RFC) discharge of reduced pressure was used, carried out immediately before spraying the metal within one technological cycle. It has been established that the metallised textile materials obtained have a shielding coefficient of up

© Карноухов А. Е., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., 2022

to 50 dB, and the use of perforated films for lamination makes it possible to obtain materials with air and vapour permeability. The use of plasma modification in the process makes it possible to increase the adhesion of polymer materials to metal coatings, which contributes to an increase in the wear resistance of the resulting textile materials with shielding properties.

**Keywords:** magnetron, metallisation, polymer film, polyethylene, polyurethane, polyester fabric, radio-frequency capacitive discharge, shielding coefficient, adhesion

**For citation:** Karnoukhov A. E., Timoshina Yu. A., Voznesensky E. F. Production of electrically conductive textile materials laminated with polymer films. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 29–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33>.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей современной текстильной промышленности является получение функциональных материалов, обладающих защитными свойствами, повышенными эксплуатационными характеристиками. Одной из востребованных ассортиментных групп являются материалы, экранирующие электромагнитные излучения, обладающие повышенной износостойкостью, воздухо- и паропроницаемостью, что позволяет использовать их для производства защитной одежды [1]. Для получения экранирующих текстильных материалов важным является наличие электропроводящего слоя, способного обеспечить низкое поверхностное сопротивление [2]. Одним из способов получения электропроводящих материалов является нанесение металлических покрытий, при этом для получения электропроводящего слоя металлические покрытия могут наноситься на полимерные пленки, закрепленные на текстильном материале методом термометереноса или с использованием адгезива [3].

Для нанесения тонких металлических покрытий на полимерные материалы широкое распространение получил метод магнетронного распыления. На адгезию металлических покрытий к полимерным материалам влияет чистота поверхности полимера, а также его химический состав, при этом наибольшей адгезией к металлам обладают полимеры, имеющие в своем составе полярные кислород- и азотсодержащие функциональные группы.

Для повышения адгезии полимерных материалов к металлическим покрытиям используются методы предварительной обработки, обеспечивающие очистку поверхности и способствующие ее активации за счет образования полярных функциональных групп. Одним из перспективных методов регулирования поверхностных свойств полимерных материалов является применение плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления [4–6], преимуществом которой является возможность модификации полимерных материа-

лов без деструкции и устойчивость получаемых эффектов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для создания экранирующего материала в качестве текстильной основы использовалась полиэфирная (ПЭФ) ткань полотняного переплетения, арт. 05С8-КВ (ОАО «Моготекс», г. Могилев, Республика Беларусь). Для получения непрерывного электропроводящего слоя для металлизации предложено использовать ПЭФ-ткань, ламинированную сплошными и перфорированными пленками на основе полиуретана (ПУ) (ООО «ЭЛАСТОИМПЭКС», г. Зеленоград) и полиэтилена (ПЭ) (ООО «Данафлекс-Нано», г. Казань). Перфорированные пленки получены методом горячей перфорации, процент перфорации составляет 53 %.

Для ВЧЕ плазменной модификации образцов и последующего напыления металлического покрытия использовалась модульная плазменная установка для нанесения тонких металлических покрытий [7], расположенная на базе ресурсного центра ООО «Ферри Ватт» (рис. 1). Используемое оборудование позволяет производить предварительную активацию материала в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления и нанесение металлических покрытий в пределах одного технологического цикла. Активация поверхности текстильных материалов проводилась при мощности разряда 100...150 Вт; расход плазмообразующего газа воздуха  $8 \cdot 10^{-5}$  г/с; давление в рабочей камере 20...30 Па, продолжительность обработки 3...5 мин. Металлизацию материалов осуществляли при давлении 0,4 Па, удельной мощности магнетрона 25...50 Вт/см<sup>2</sup>, в течение 5 мин в плазмообразующем газе аргон, в качестве мишени использовали бескислородную медь (99,9 %).

Для исследования поверхности текстильных материалов с металлическими покрытиями использовали конфокальный лазерный сканирующий микроскоп (КЛСМ) Olympus LEXT OLS 4100 (Япония). Газопроницаемость образцов определяли с помощью газожидкостного

порометра POROLUX™100, в качестве газа использовался воздух. Для определения паропроницаемости использовали стандартную методику в соответствии с ГОСТ 30568–98. Оценку износостойкости металлических покрытий проводили по ГОСТ 8978–2003, устойчивость к разрушению при изгибе оценивалась в количестве циклов изгиба до появления первых крупных трещин на поверхности пленки. Электропроводящие свойства полученных металлизированных материалов оценивали по показателю поверхностного электрического сопротивления по ГОСТ Р 50499–93. Экранирующую способность материалов оценивали по ГОСТ 12.4.172–2014 путем определения падения напряжения на сопротивлении 400 кОм от тока, протекающего через измерительный электрод испытательной установки, создающей однородное электрическое поле, в отсутствии и присутствии электропроводящей ткани, при частоте 5 кГц и напряжении 400 В.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Для оценки экранирующих и эксплуатационных свойств получена серия образцов тек-

стильных материалов с металлическими покрытиями (табл. 1).

В процессе получения образцов текстильных материалов с металлическими покрытиями было установлено, что применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет ускорить откачку вакуумной камеры до остаточного давления ( $5 \cdot 10^{-3}$  Па) на 20...50 %. Данный эффект связан с интенсификацией дегазации текстильных материалов.

На рис. 2 представлен внешний вид образцов металлизированных текстильных материалов, полученный с помощью КЛСМ. Результаты испытаний металлизированных текстильных материалов представлены в табл. 2.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что нанесение металлических покрытий на ткани, ламинированные полимерными пленками, позволяет получить текстильные материалы, обладающие электропроводящими и экранирующими свойствами. Коэффициент экранирования для металлизированных текстильных материалов, ламинированных сплошными пленками, составляет до 51 дБ, ламинированных перфорированными пленками – до 45 дБ.

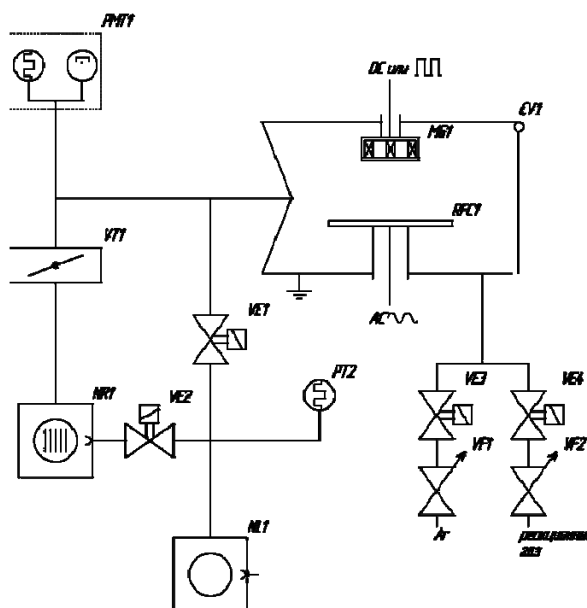


Рис. 1. Модульная плазменная установка для нанесения тонких металлических покрытий

Т а б л и ц а 1

Характеристика образцов текстильных материалов с металлическими покрытиями

№ образца	Текстильная основа	Полимерная пленка	ВЧЕ-активация	Металлическое покрытие
1	Ткань ПЭФ	Нет	Нет	Медь
2		Пленка ПЭ сплошная		
3		Пленка ПУ сплошная		
4		Пленка ПЭ перфорированная		
5		Пленка ПУ перфорированная	Да	
6		Пленка ПЭ перфорированная		
7		Пленка ПУ перфорированная		

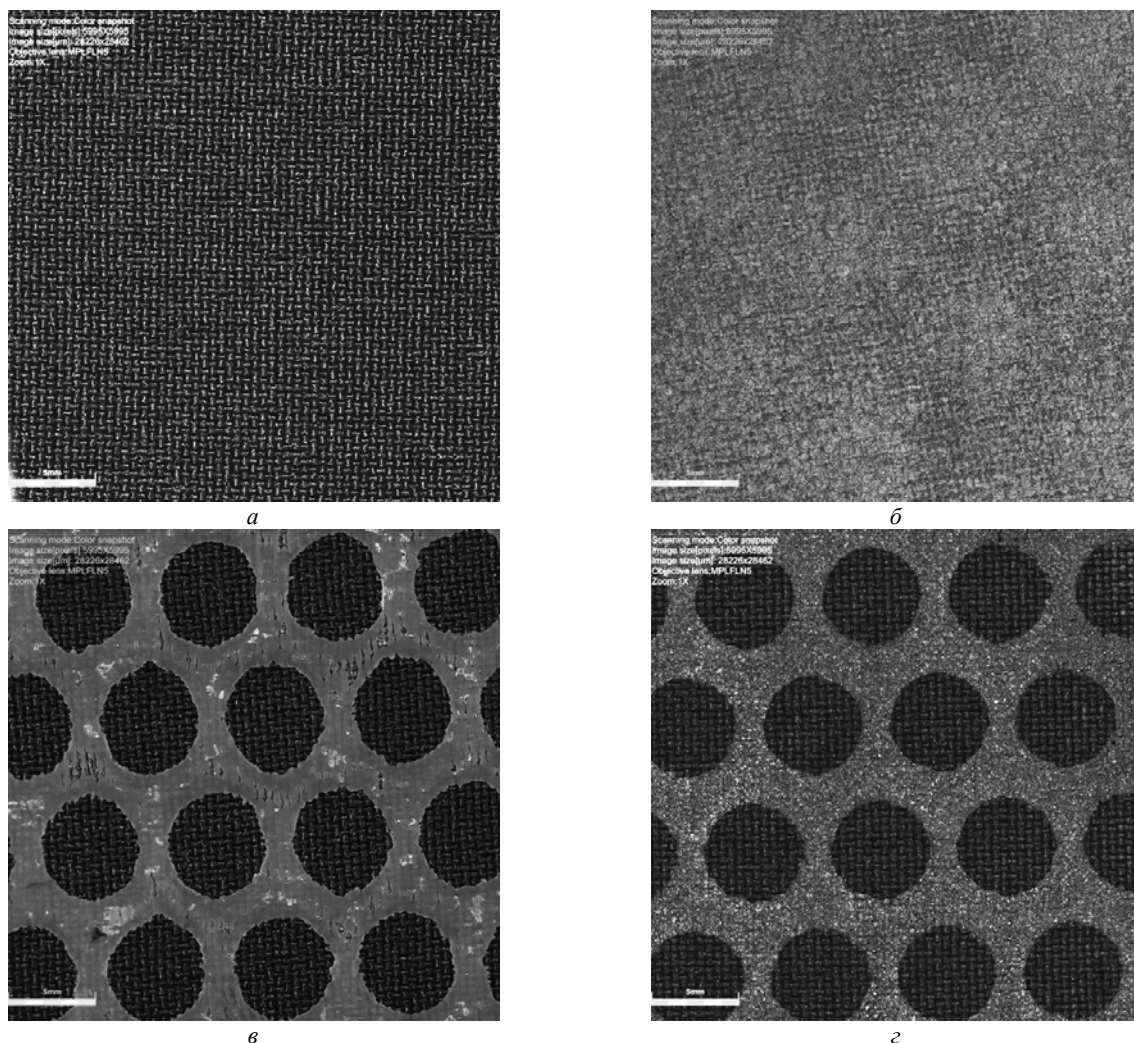


Рис. 2. Изображения поверхности металлизированных текстильных материалов:  
а – образец 1; б – образец 3; в – образец 6; г – образец 7

Т а б л и ц а 2

Результаты испытаний по оценке экранирующих и эксплуатационных свойств металлизированных текстильных материалов

Показатель	Образец						
	1	2	3	4	5	6	7
Поверхностное электрическое сопротивление, Ом/квадрат	> 500	0,60	0,62	0,82	0,84	0,85	0,83
Коэффициент экранирования, дБ	10	51	53	45	43	44	45
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	150	190	185	170	173	170	173
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /мин/см <sup>2</sup>	42	0	0	31,6	34,4	32,5	33,4
Паропроницаемость, мг/(см <sup>2</sup> ·ч)	35,2	0	0	25,7	25,2	24,8	24,9
Устойчивость к многократному изгибу, циклы	–	350	560	340	520	650	720

Использование в составе металлизированных текстильных материалов перфорированных полимерных пленок позволяет получать экранирующие текстильные материалы с сохранением воздухо- и паропроницаемости.

Применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что способствует увеличению износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими свойствами на 22...46 %.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что полученные металлизированные текстильные материалы, ламинированные перфорированными полимерными пленками, обладают электропроводящими и экранирующими свойствами при сохранении воздухо- и паропроницаемости, что позволяет использовать их для производства защитной одежды. Применение метода термопрессования для получения ламинированных текстильных мате-



риалов исключает использование адгезивов и не требует сложного технологического оборудования. Предварительная ВЧЕ плазменная обработка перед нанесением металлического покрытия позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что обеспечивает повышение износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими

свойствами. При этом ВЧЕ плазменная модификация текстильных материалов непосредственно перед напылением металлических покрытий в пределах одного цикла откачки позволяет значительно сократить продолжительность технологического процесса за счет снижения времени дегазации материала и откачки вакуумной камеры до остаточного давления.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Николаев С. Д., Сильченко Е. В. Защита человека от электромагнитного излучения при помощи тканей // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 15. С. 161–166.
2. Koprowska J., Ziaja J., Janukiewicz J. Plasma Metallization Textiles as Shields for Electromagnetic Fields // FIBRES and TEXTILES in Eastern Europe. 2008. Vol. 16, nr 5(70). P. 64–66.
3. Исследование экранирующих свойств металлизированных пленок / А. Е. Карноухов, Ю. В. Харापудько, Ю. А. Тимошина, Э. Ф. Вознесенский // Легкая промышленность: проблемы и перспективы : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Омск : ОмГТУ, 2021. С. 54–58.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Полимерные пленочные и текстильные материалы на основе полипропилена и полиэфира с титановым покрытием / Ю. В. Харапудько, А. Е. Карноухов, Ю. А. Тимошина, Э. Ф. Вознесенский, Н. В. Тихонова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С. 161–167.

#### REFERENCES

1. Nikolaev S. D., Sil'chenko E. V. Protection of a person from electromagnetic radiation with the help of fabrics\*. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan technological university]. 2015;18;15:161–166. (In Russ.)
2. Koprowska J., Ziaja J., Janukiewicz J. Plasma Metallization Textiles as Shields for Electromagnetic Fields. *Fibers and Textiles in Eastern Europe*. 2008;16;5(70):64–66.
3. Karnouhov A. E., Harapud'ko Yu. V., Timoshina Yu. A., Voznesenskij E. F. Study of screening properties of metallized films. *Legkaya promyshlennost': problemy i perspektivy* [Light industry: problems and prospects]. 2021:54–58. (In Russ.)
4. Abdullin I. Sh., Zheltuhin V. S., Sagbiev I. R., Shaekhov M. F. Modification of nanolayers in low-pressure radio-frequency plasma\*. Kazan, KGTU Publ., 2007. 356 p. (In Russ.)
5. Sergeeva E. A., Korneeva N. V., Zenitova L. A., Abdullin. I. Sh. Modification of synthetic fibrous materials and products by nonequilibrium low-temperature plasma. Properties, structure, technologies\*. Kazan, KGTU Publ., 2011. 255 p. (In Russ.)
6. 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. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):18–23. (In Russ.)
7. Harapud'ko Yu. V., Karnouhov A. E., Timoshina Yu. A., Voznesenskij E. F. Polymer film and textile materials based on polypropylene and polyester with titanium coating. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2021;4:161–167. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.02.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

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

Научная статья  
УДК 677.024:519.876.5

EDN ZSVKWC

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39

**Петр Алексеевич Севостьянов**<sup>1</sup>

**Татьяна Алексеевна Самойлова**<sup>2</sup>

**Владимир Иванович Монахов**<sup>3</sup>

**Александр Андреевич Белевитин**<sup>4</sup>

**Илья Максимович Бурдин**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

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

<sup>2</sup>tasamo89@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2727-0011>

<sup>3</sup>monvi1255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

<sup>4</sup>sashagoodnes@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2101-1740>

<sup>5</sup>burd20@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0063-6952>

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ВАТКИ-ПРОЧЕСА В ЛИНЕЙНУЮ ПЛОТНОСТЬ ЧЕСАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

**Аннотация.** В статье предложена модель преобразования плотности массы ватки-прочеса со съемного барабана кардочесальной машины в линейную плотность чесальной ленты с учетом случайных и периодических составляющих неравномерности. Методом статистического моделирования исследовано влияние разброса случайной составляющей в неравномерности ватки-прочеса и в скорости ее транспортирования к воронке на неровноту ленты, частоты периодической составляющей на структуру неровноты ленты. Установлена высокая степень выравнивания линейной плотности в результате сложения потока волокнистого материала из ватки-прочеса в ленту и различное влияние неравномерности ватки-прочеса и неравномерности по скорости ее съема на периодическую составляющую неравномерности чесальной ленты.

**Ключевые слова:** кардочесание, ватка-прочес, лента, неровнота, спектральная плотность дисперсии, статистические вариации, метод статистического моделирования

**Для цитирования:** Преобразование плотности ватки-прочеса в линейную плотность чесальной ленты / П. А. Севостьянов, Т. А. Самойлова, В. И. Монахов, А. А. Белевитин, И. М. Бурдин // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 34–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39>.

Original article

**Petr A. Sevostyanov**<sup>1</sup>

**Tatiana A. SamoiloVA**<sup>2</sup>

**Vladimir I. Monakhov**<sup>3</sup>

**Alexander A. Belevitin**<sup>4</sup>

**Ilya M. Burdin**<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

## CONVERTING OF THE DENSITY OF CARDING FLEECE-BATT INTO THE LINEAR DENSITY OF THE CARDING SLIVER

**Absrtact.** The article proposes a model for converting the carding fleece-batt mass density from the carding machine doffer into the linear density of the carding sliver, taking into account random and periodic components of unevenness. Using the method of statistical modelling, the influence of the scatter of the random component in the unevenness of the fleece-batt and in the speed of its transportation to the funnel on the unevenness of the carding sliver, the frequency of the periodic component on the structure of the sliver irregularity was studied. A high degree of alignment of the linear density is set as a result of the summation of the fibrous material flows from the doffer into the sliver and the different influence of the unevenness of the fleece-batt and variations of its removal rate on the periodic component of the carding sliver irregularity.

© Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Монахов В. И., Белевитин А. А., Бурдин И. М., 2022

**Keywords:** carding, fleece-batt, sliver, unevenness, spectral power density of variance, statistical variations, statistical modelling method

**For citation:** Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Monakhov V. I., Belevitin A. A., Burdin I. M. Converting of the density of carding fleece-batt into the linear density of the carding sliver. Technologies & Quality. 2022. № 2(56). P. 34–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39>.

Ватка-прочес образуется при съеме волокнистого настила с поверхности съемного барабана кардочесальной машины [1, 2] (рис. 1) и направляется в воронку, в которой вследствие сжатия и уплотнения волокнистой массы образуется чесальная лента и либо укладывается в тазы, либо пропускается через вытяжной прибор и затем подается на следующие переходы прядильного производства. Зависимость неравномерности линейной плотности ленты от неравномерности ватки-прочеса исследовалась аналитическими методами [3–5]. Компьютерная модель [6] позволяет получить более разностороннюю и полную информацию об этой зависимости.

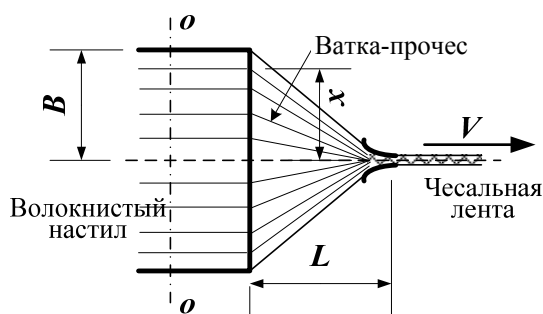


Рис. 1. Схема преобразования ватки-прочеса в чесальную ленту

На рис. 1 обозначено:  $B$  – рабочая полуширина барабана;  $L$  – расстояние от линии съема до воронки;  $x$  – координата точки съема вдоль линии съема;  $V$  – скорость движения ленты в воронке.

Несмотря на разницу в длине пути, проходимого волокнистым материалом от точки съема до воронки в зависимости от координаты  $x$ , ватка-прочес за счет деформации и провисания не теряет сплошности материала и непрерывно собирается в воронке. Обозначим:  $g(x, t)$  – поверхностная плотность волокнистого настила в точке  $x$  линии съема,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  $G(t)$  – линейная плотность ленты в воронке в момент  $t$ ,  $\text{кг}/\text{м}$ .

Зависимость  $G(t)$  от  $g(x, t)$  может быть представлена интегралом

$$G(t) = \int_{-B}^B g(x, t - \tau(x, t)) dx. \quad (1)$$

В этом выражении  $\tau$  – интервал «транспортного» запаздывания – время перемещения элемента ватки-прочеса от точки  $x$  линии съема до входа в воронку в момент  $t$ . Очевидно, что  $\tau$ , вообще говоря, зависит от  $x$ , момента  $t$  и средней скорости движения материала  $v(x, t)$ :

$$\tau(x, t) = \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{v(x, t)}. \quad (2)$$

При аналитическом подходе [2] в исследовании зависимости неравномерности ленты по линейной плотности от неравномерности снимаемой с барабана ватки-прочеса формулы (1) и (2) упрощают: предполагают, что  $\tau$  – величина постоянная, и интеграл (1) преобразуют по Лапласу:

$$\tilde{G}(s) = \int_{-B}^B \tilde{g}(x, s) \cdot \exp(-s \cdot \tau(x)) dx. \quad (3)$$

Знак  $\sim$  обозначает функцию-изображение, а  $s$  – оператор Лапласа. Затем подбирают такую зависимость плотности волокнистого настила и интервала от  $x$ , чтобы интеграл (3) можно было оценить аналитически. В простейшем случае принимают, что плотность настила по ширине барабана в среднем величина постоянная, а  $\tau(x)$  заменяют усредненным значением  $m\tau$ :

$$\begin{aligned} \tilde{g}(x, s) &= \tilde{g}(s), \\ \tau(x) &= m\tau. \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда взаимосвязь между изображениями функций  $g(x, t)$  и  $G(t)$  выражается простейшим соотношением

$$\tilde{G}(s) = 2B \cdot \tilde{g}(s) \cdot \exp(-s \cdot m\tau), \quad (5)$$

т. е. линейная плотность волокнистого потока при переходе с поверхности барабана в воронку, с точностью до постоянных множителей, не меняется.

Численные методы [7–9] значительно расширяют возможности исследования преобразования (1). Дискретизация переменной  $x$  с шагом  $\Delta x$  приводит к представлению об  $n = 2B/\Delta x$  пото-

ках волокнистого материала, «стекающих» с линии съема и складывающихся в воронке. Нумеруя потоки индексом  $k = 1, 2, \dots, n$ , преобразуем формулу (1) к виду

$$G(t) = \Delta x \sum_{k=1}^n g(k, t - \tau(k, t)). \quad (6)$$

В этой формуле функция  $g(k, t)$  – по-прежнему поверхностная плотность волокнистого настила, кг/м<sup>2</sup>.

Для исследования влияния различных факторов на результат преобразования (6) представим  $g(k, t)$  в виде суммы трех составляющих: постоянной  $gSr$  – средней линейной плотности настила,  $gr$  – случайной составляющей и  $gc(k, t)$  – периодической составляющей. Появление периодической составляющей может быть вызвано, например, неравномерностью поверхности гарнитуры на барабане, эксцентриситетом окружности барабана из-за неточности изготовления или износа подшипников оси барабана, различий в разводке между поверхностями барабана и шляпок или валиков и др. В качестве модели этой периодической составляющей выберем синусоидальную функцию

$$gc(k, t) = agSr \sin(2\pi t / T). \quad (7)$$

Безразмерный параметр  $a$  равен отношению амплитуды синусоиды к среднему  $gSr$ . Период колебаний  $T$  равен времени одного оборота барабана. В модели (7) составляющая  $gc(k, t)$  одинакова для всех потоков  $k = 1, 2, \dots, n$ . Переменная времени моделируется в интервале  $(0; Tm)$ .

Случайная составляющая моделировалась независимыми, равномерно распределенными случайными числами в диапазоне от  $(1 - b) gSr$  до  $(1 + b) gSr$ . Безразмерный параметр  $b$  задает полуширину этого диапазона относительно средней плотности настила.

При равенстве скоростей снимаемой ватки-прочеса и ленты в воронке средняя линейная плотность ленты равна  $Gsr = 2 B gSr$ . Поскольку случайная и периодическая составляющие линейной плотности ватки-прочеса не коррелиро-

ваны, дисперсия линейной плотности ленты равна сумме дисперсий этих составляющих. Для рассматриваемой модели дисперсия и коэффициент вариации линейной плотности ленты равны:

$$DG = \frac{(bgSr)^2}{3} + \frac{(agSr)^2}{2},$$

$$CvG = \sqrt{\frac{b^2}{3} + \frac{a^2}{2}}.$$

Вследствие некоррелированности составляющих неравномерности линейной плотности ленты спектральная плотность дисперсии (СПД) этой неравномерности также равна сумме СПД случайной и периодической составляющих. Случайная составляющая представляет собой «белый шум» с постоянной СПД во всем диапазоне частот, СПД гармонической составляющей выражается  $\delta$ -функцией. В табл. 1 показано, как нарастает коэффициент вариации  $CVG$  линейной плотности ленты с увеличением параметра  $b$ , задающего разброс случайной составляющей плотности ватки-прочеса относительно средней плотности. Видно, что даже при очень больших величинах этого разброса коэффициент  $CVG$  находится в пределах 1 %. Результаты в табл. 1 получены при значениях параметров  $a = 0,1$  и  $dV = 0$ .

Синхронное периодическое изменение линейной плотности ватки-прочеса во всех потоках, «стекающих» с барабана, приводит к появлению периодической составляющей с той же частотой в ленте. При постоянной скорости движения этих потоков, что означает независимость  $\tau$  от  $t$ , смещение по фазе этих потоков вследствие зависимости  $\tau$  от  $x$  приводит лишь к уменьшению амплитуды пика спектральной плотности при сохранении формы в виде  $\delta$ -функции.

Еще менее чувствительна неравномерность линейной плотности ленты к случайным вариациям интервалов запаздывания  $\tau$ . Модель (2), (6), (7) позволяет получить соответствующую оценку для  $CVG$  линейной плотности ленты  $SG$ , приведенную в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Зависимость коэффициента вариации линейной плотности ленты от случайного разброса значений плотности ватки-прочеса

$b$	0	0,10	0,30	0,70
$CVG, \%$	0,29	0,34	0,66	1,45

Т а б л и ц а 2

Зависимость коэффициента вариации линейной плотности ленты от случайного разброса значений скорости движения ватки-прочеса

$dV$	0	0,10	0,50	0,90
$CVG, \%$	0,29	0,27	0,26	0,25

Результаты, приведенные в табл. 2, показывают некоторое уменьшение  $CVG$  с увеличением  $dV$ . Это можно объяснить сглаживанием периодических составляющих (7) в потоках вследствие увеличения фазовых смещений волн периодической неравномерности в складываемых потоках.

Очевидно, что присутствие периодической составляющей (7) в неравномерности плотности ватки-прочеса приводит к появлению четко выраженного пика в оценке СПД. Случайный разброс в значениях скорости схода ватки-прочеса с барабана и движения к воронке, приводящий согласно формуле (2) к случайным вариациям времени запаздывания  $\tau$ , проявляет себя в СПД лишь в некотором расширении пика в спектре. Это видно по оценке СПД на рис. 2 (штриховая линия), полученной при  $b = 0$  и  $dV = 0,25$ .

Увеличение диапазона разброса случайной составляющей  $b$  не меняет вида СПД. На

рис. 2 непрерывная линия является такой оценкой, полученной при  $b = 0,5$  и  $dV = 0,25$ , что превышает реальный разброс плотности ватки-прочеса. Однако эта случайная неравномерность проявляется лишь в увеличенной интенсивности шумовой составляющей (белого шума) в СПД. Периодическая составляющая остается неизменной и четко проявляется в СПД независимо от величины случайных вариаций запаздывания.

Иная зависимость СПД от случайных вариаций  $\tau$  наблюдается, если среднее запаздывание соизмеримо по величине с периодом периодической составляющей. На рис. 3 показаны оценки СПД при  $dV = 0,01; 0,10$  и  $0,20$ .

В данном компьютерном эксперименте параметры  $a = 0,1$  и  $b = 0$ . Видно, как с увеличением диапазона случайных вариаций  $dV$  уменьшается амплитуда спектра периодической составляющей.

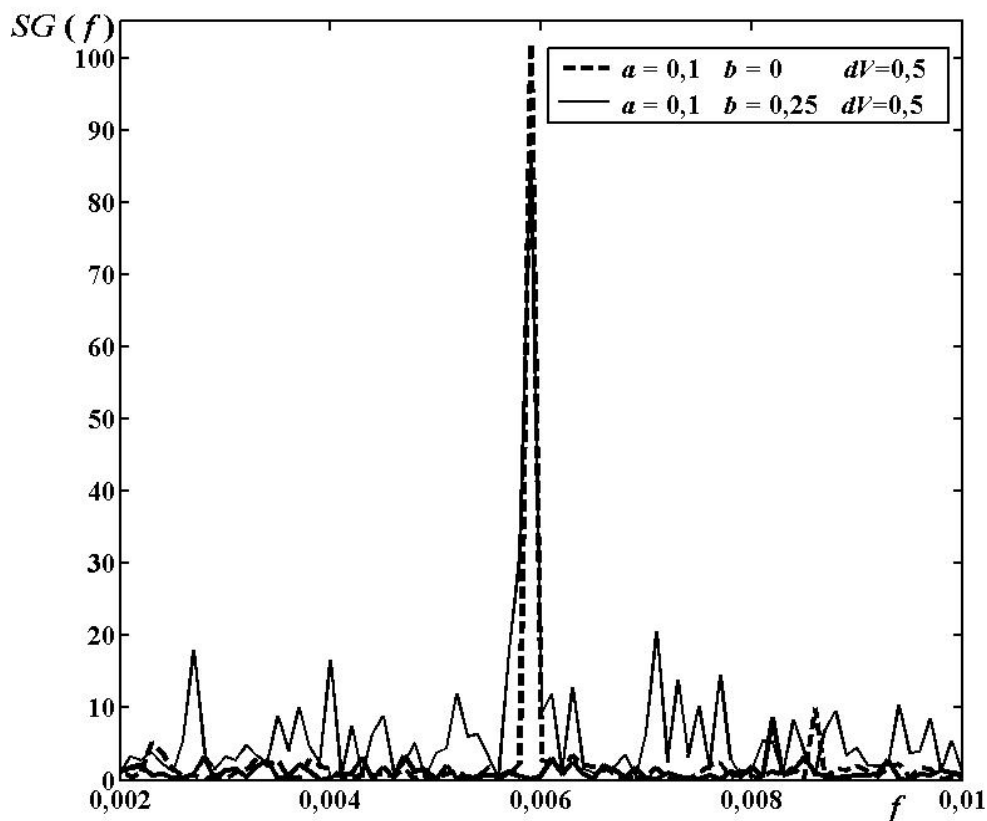


Рис. 2. Оценки СПД при периодической, случайной составляющих и вариациях скорости движения от барабана к воронке

## ВЫВОДЫ

1. Предложена простая компьютерная модель преобразования плотности по массе ватки-прочеса, снимаемой со съемного барабана кардочесальной машины, в линейную плотность чесальной ленты.

2. Методом компьютерных экспериментов установлено, что нарастание неравномерности ватки-прочеса и случайных вариаций различий в точках съема по ширине барабана (величины запаздывания между отдельными участками линии съема) приводит к незначительному

росту коэффициента вариации по линейной плотности ленты, что объясняется суммированием в воронке отдельных участков ватки-прочеса в одномерный волокнистый продукт.

3. Зависимость спектральной плотности дисперсии ленты от случайных вариаций запаздывания в поступлении ватки-прочеса в ворон-

ку различна для разных частот периодической составляющей неравномерности ватки-прочеса. Длинноволновая неровнота практически не зависит от запаздывания и переходит без изменений в ленту, а коротковолновая неровнота ослабляется и нивелируется этими случайными вариациями запаздывания.

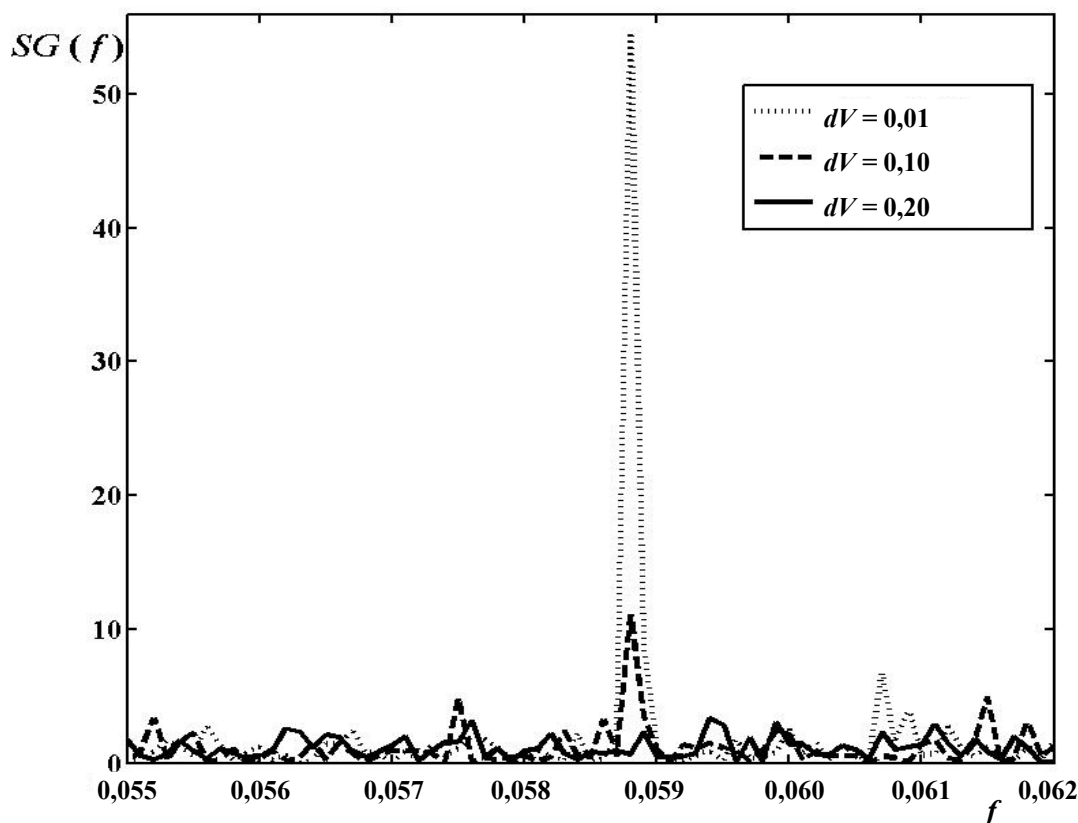


Рис. 3. Оценки СПД при высокочастотной периодической составляющей и вариациях скорости движения от барабана к воронке

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашнин Н. М. Кардочесание волокнистых материалов. М. : Легпромбытиздат, 1985. 143 с.
2. Плеханов А. Ф. Разработка способов очистки волокнистых материалов и создание безотходной технологии в хлопкопрядении : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.03. М., 1994. 320 с.
3. Оренбах С. Б., Винтер Ю. М. Влияние биения съемного и главного барабана чесальной машины на неровноту чесальной ленты // Прядение : сб. М. : ЦНИИТЭИЛегпром, 1974. № 6. С. 9–14.
4. Оренбах С. Б., Кофман Э. Д., Худых М. И. Повышение эффективности работы чесальных машин. М. : Легкая промышленность, 1980. 176 с.
5. Оренбах С. Б. Монтаж и эксплуатация современных гарнитур для высокопроизводительных чесальных машин : Из цикла лекций заоч. фак. по новой технике и технологии х.-б. пром-сти. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. 39 с.
6. Севостьянов П. А. Статистическая модель динамики распределения волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 28–32.
7. Севостьянов П. А. Детерминированная модель динамики распрямления волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 49–51.
8. Севостьянов П. А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапелирование, кручение, намотка, перемотка. М. : Клуб-Печати, 2021. 591 с.
9. Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Маркова М. Л. Моделирование миграции волокон по поверхности барабана кардочесальной машины // Современные инженерные проблемы ключевых отрас-

лей промышленности : сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. симпозиума III Междунар. Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук» (20–21 октября 2021 г.). Т. 1. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. С. 62–66.

## REFERENCES

1. Ashnin N. M. Carding of fibrous materials. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1985. 143 p. (In Russ.)
2. Plekhanov A. F. Development of methods for cleaning fibrous materials and creation of waste-free technology in cotton spinning. Dr. eng. sci. diss. : 05.19.03. Moscow, 1994. 320 p.
3. Orenbakh S. B., Winter Yu. M. Influence of the beating of the removable and main drum of the carding machine on the unevenness of the carding sliver. Spinning. Moscow, TsNIITEILegprom Publ., 1974;6:9–14. (In Russ.)
4. Orenbakh S. B., Kofman E. D., Khudykh M. I. Improving the efficiency of carding machines. Moscow, Light industry Publ., 1980. 176 p. (In Russ.)
5. Orenbakh S. B. Installation and operation of modern headsets for high-performance carding machines: From a series of lectures by the correspondence department on new technology and technology of the cotton industry. Moscow, Light and food industry Publ., 1984. 39 p. (In Russ.)
6. Sevostyanov P. A. Statistical simulation of fibre straightening dynamics in carding on roller machine. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):28–32. (In Russ.)
7. Sevostyanov P. A. Deterministic model of the dynamics straightening of fibres during carding on a roller machine. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52): 49–51. (In Russ.)
8. Sevostyanov P. A. Dynamics and models of the main spinning processes: breaking, cleaning, mixing, carding and combing, drawing, sampling, stapling, twisting, winding, rewinding. Moscow, Club-Print Publ., 2021. 591 p.
9. Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Markova M. L. Modeling of fiber migration over the surface of a carding machine cylinder. Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium “Modern Engineering Problems of Key Industries” of the III International Kosygin Forum “Modern Problems of Engineering Sciences”. (October 20–21, 2021). Vol. 1. Moscow, RSU named after A. N. Kosygin Publ., 2021. P. 62–66. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.03.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

Научная статья

УДК 677.12

EDN ZHVPYU

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-40-45

Иван Сергеевич Мезенцев<sup>1</sup>

Ирина Владимировна Красина<sup>2</sup>

Александр Сергеевич Парсанов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>1</sup>ifrom93@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0100-1171>

<sup>2</sup>irina\_krasina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9448-121X>

<sup>3</sup>parsanov1982@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9573-1521>

## РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОГО УТЕПЛИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

**Аннотация.** Целью данной работы является разработка строительного утеплителя на основе конопляных волокон с требуемыми свойствами. Климат Республики Татарстан умеренно-континентальный и отличается умеренно холодной зимой. Зима в Татарстане длится с конца ноября до конца марта. Часты вторжения холода с северо-востока, которые сопровождаются морозной (до  $-30$  °C) и малооблачной погодой. В соответствии с климатическими условиями Татарстана при строительстве жилых и нежилых помещений встает вопрос об утеплении стен. Утепление стен производится в соответствии с нормативно-техническими документами. Основным в этой сфере является свод правил «СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий» [1]. В настоящее время для утепления зданий и сооружений выпускается базальтовая вата, пенополистирол и утеплители на основе растительных волокон – льноватин и джут.

**Ключевые слова:** техническая ненаркотическая конопля, строительный утеплитель, нетканый материал, иглопробивной способ, физико-механические характеристики, разрывная нагрузка, удлинение при разрыве

**Для цитирования:** Мезенцев И. С., Красина И. В., Парсанов А. С. Разработка строительного утеплителя на основе волокон технической конопля // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 40–45. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-40-45>.

Original article

Ivan S. Mezentsev<sup>1</sup>

Irina V. Krasina<sup>2</sup>

Alexander S. Parsanov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## DEVELOPMENT OF BUILDING INSULATION BASED ON TECHNICAL HEMP FIBRES

**Abstract.** The purpose of this work is to develop a building insulation based on hemp fibres with the required properties. The climate of the Republic of Tatarstan is temperate continental and is characterized by moderately cold winters. Winter in Tatarstan lasts from late November to late March. There are frequent cold invasions from the northeast, which are accompanied by frosty (down to  $-30$  °C) and partly cloudy weather. In accordance with the climatic conditions of Tatarstan, during the construction of residential and non-residential premises, the question of wall insulation arises. Wall insulation is carried out in accordance with regulatory and technical documents. The main one in this area is the set of rules “SP 50.13330.2012. Thermal protection of buildings” [1]. At present, for the insulation of buildings and structures, basalt wool, expanded polystyrene and heaters based on plant fibres – linen insulation and jute are produced.

**Keywords:** technical non-narcotic hemp, building insulation, nonwoven fabric, needle-punched method, stress-related characteristics, breaking load, elongation at fracture

**For citation:** Mezentsev I. S., Krasina I. V., Parsanov A. S. Development of building insulation based on technical hemp fibres. Technologies & Quality. 2022. Nr 2(56). P. 40–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-40-45>.

© Мезенцев И. С., Красина И. В., Парсанов А. С., 2022



В Татарстане действуют три крупных предприятия по выпуску материалов на основе базальтового волокна: ООО «Роквул-Волга» (ОЭЗ «Алабуга»), ООО «Завод ТЕХНО» (г. Заинск), ООО СМП «Механика» (Лаишевский р-н) общей проектной мощностью более 4,5 млн м<sup>3</sup> в год. Строительный материал на основе базальтовых волокон (утеплитель) имеет волокнистую структуру. Многочисленные волокна из камня хаотично переплетены друг с другом, поэтому между ними присутствуют воздушные поры. При отсутствии влаги внутри утеплителя его теплоизоляционные характеристики очень высокие. Это связано с тем, что в толще материала не происходит конвекция воздуха и, следовательно, отсутствует перенос тепла. Минус минераловатных изделий заключается в том, что при попадании воды в утеплитель существенно повышается его теплопроводность, из-за чего падают теплоизоляционные показатели, а значит отсутствует возможность применения его для теплоизоляции бань и влажных помещений. Также существенным недостатком является его высокая стоимость в сравнении с другими утеплителями.

Также в Республике Татарстан реализовано производство пенополистирола (экструдированного и безпрессового): ООО «Домкор Индустрия» (г. Набережные Челны), ГК «Альтея» (г. Казань), ООО «СтройПласт» (г. Казань), вспененного пенополиуретана (ОАО «РИАТ» г. Набережные Челны), общей мощностью свыше 400 тыс. м<sup>3</sup> в год [2]. Основным показателем для материала – его плотность, чем он плотнее и жестче, тем дороже. Однако материал имеет существенный недостаток – горючесть.

Производства утеплителей на основе растительных волокон в Татарстане не представлены, что связано отсутствием большой сырьевой базы. В Республике не выращивается лен-долгунец.

Строительный утеплитель на основе конопляных волокон с требуемыми свойствами способен занять ключевое место на рынке Татарстана. Утеплители из волокон технической ненаркотической конопли будут абсолютно безопасны для человека, так как у них нет вредной неорганической пыли, они не содержат фенольных клеев. Такие утеплители помогут поддерживать в доме оптимальную влажность и создать благоприятный человеку микроклимат. Благодаря уникальным антисептическим свойствам волокон технической ненаркотической конопли строительный утеплитель не будет подвержен плесневению, болезнетворным бактериям и грибкам, защитит деревянные

и металлические элементы конструкции, выводя влагу наружу, абсолютно не токсичен, не выделяет вредных соединений даже при горении. Утеплители из конопли прослужат более 70 лет и продлят срок службы дома, при этом возможно их повторное использование. Несмотря на натуральность, волокно непригодно для жизни мышей и других вредителей. Волокно конопли не съедобно для любых животных, в том числе для грызунов, прочность волокон делает материал практически непроходимым для мышей. Сырье из растительных волокон обладает капиллярной структурой, такие волокна позволяют надолго и качественно удерживать тепло. В отличие от минеральных и базальтовых ват утеплители из растительного сырья не снижают свои теплосберегающие характеристики даже при повышенной влажности. В них не образуется конденсат, и с ними не требуется обязательное применение абсолютно герметичной пароизоляции [3]. Производство строительных утеплителей на основе волокон технической ненаркотической конопли на сегодняшний день в Республике Татарстан не реализовано.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что разработка нетканого строительного утеплителя на основе волокон технической ненаркотической конопли является своевременной и актуальной. Сырьем для изготовления нетканого материала – строительного утеплителя является техническая ненаркотическая конопля – однолетнее растение.

Длина стебля ненаркотической конопли может колебаться в пределах от 125 до 200 см, а диаметр варьируется от 2 до 10 мм. У растения прямой стебель с характерными напоминающимися листьями с пильчатыми краями. Ненаркотической конопле необходимо умеренное тепло и достаточная влажность. Вегетационный период ненаркотической конопли – от 80 до 160 дней. По данным Росстата, в 2018 году общие посевы данной агрокультуры составили 7,9 тыс. га [4–6]. Техническая ненаркотическая конопля должна содержать менее 0,1 % тетрагидроканнабинола в составе, чтобы ее можно было использовать для промышленных целей. На полях, где растет конопля, другие растения не подвергаются заражению и устойчивы к насекомым. Ненаркотическую коноплю можно убирать на разных стадиях зрелости и даже весной после схода снега, в таком случае волокно получается более грубое. Именно из стеблей, которые составляют около 60 % общей сухой массы, изготавливают волокно. Длина и качество изготавливаемых

волокон напрямую зависит от сорта культуры, условий культивирования, количества света при выращивании. Волокна ненаркотической конопли очень прочны на разрыв, имеют небольшое упругое удлинение, высокую гигроскопичность (до 30 %) и высокую стойкость к воде. Благодаря своей высокой прочности волокна используются для производства бумаги высшего сорта. Короткие волокна ненаркотической конопли (длиной до 50 см), имеющие повышенную впитывающую способность (абсорбцию), применяются в строительной промышленности для производства композитов, в качестве изоляционного материала и др. Волокна средней длины применяются для изготовления бумаги, гигиенической продукции и в других сферах легкой промышленности. Длинные волокна (более 50 см), отличающиеся повышенной прочностью, используются для изготовления канатов, одежной ткани, ковровых покрытий, бумаги [7–10].

Для изготовления строительного утеплителя на основе волокон технической ненаркотической конопли было закуплено сырье на ООО «Мордовские пенькозаводы» (г. Инсар).

Методом получения нетканого материала был выбран иглопробивной способ, характеризующийся простотой исполнения, а также контролируемой плотностью вырабатываемого материала. Таким методом изготавливают геосинтетические, тепло- и звукоизоляционные материалы, технические ткани, основы для кровельных и напольных покрытий. Получение нетканых материалов иглопробивным способом основано на прокалывании волокнистого холста иглами специального профиля с зазубринами. При опускании игл каждая зазубрина захватывает волокна и проводит их через слой холста, а при обратном движении игл волокна освобождаются от зазубрин. В результате многократного повторения этой операции происходит механическое свойлачивание – перепутывание волокон

и сшивание основной массы волокон, расположенных в горизонтальной плоскости, волокнами, направленными вертикально и наклонно к этой плоскости. Количество проколов достигает 40...180 и более на 1 см<sup>2</sup> площади холста.

Определение разрывной нагрузки нетканого материала проводилось на испытательной машине Shimadzu AGS-X (Япония). Исследование разрывной нагрузки и удлинения при разрыве нетканого материала производилось в соответствии с ГОСТ Р 53226–2008 «Полотна нетканые. Методы определения прочности» на электромеханической разрывной машине РЭМ-5. Машина испытательная универсальная РЭМ-5 соответствует требованиям ГОСТ 28840–90, СТО 75829762-001, предназначена для механических испытаний в режиме растяжения, сжатия и изгиба образцов и изделий из материалов: металлов, древесины, резины, пластмасс, текстиля и пр.

Испытания проводили до разрушения всех элементарных проб испытываемого материала, согласно ГОСТ 9913–90 «Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию». Истирали по часовой и против часовой стрелки. Эффективность истирания зависит от жесткости шкурки, закрепленной на вращательном кольце. Истирали по циклам, их определяли по циферблату.

Определение теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме осуществлялось по ГОСТ 7076–99.

Для проведения испытаний использовалась испытательная установка в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6941–99. Горелка устанавливалась перпендикулярно, пламя горелки направлялось точно в центр элементарной пробы.

В работе получен образец нетканого полотна из ненаркотической конопли (рис. 1) и проведено его сравнение с популярными видами утеплителей – базальтовым и льняным.



Рис. 1. Образец нетканого материала, полученного иглопробивным способом

В связи с широкой областью применения нетканый материал должен обладать высокими эксплуатационными свойствами, в частности высокой стойкостью к растяжению.

Результаты исследования физико-механических свойств полученного нетканого материала и других видов утеплителей представлены в таблице.

Отсутствие результатов образца строительного утеплителя на основе базальта связано с тем, что из-за рыхлого состава образцы ломались при попытке закрепить их в зажимах РЭМ-5. Представленные в таблице результаты эксперимента свидетельствуют о том, что полученный образец нетканого материала на основе волокон ненаркотической конопли удовлетворяет предъявляемым требованиям к нетканым полотнам согласно ГОСТ 31913–2011 и может эксплуатироваться в качестве утеплителя (см. табл.).

Следующим немалозначимым фактором строительных утеплителей является их повы-

шенная сыпучесть и летучесть отдельно взятых волокон в составе исследуемых материалов.

Критерием стойкости к внешним воздействиям выбран показатель стойкости к истиранию. Для проведения испытаний был подобран абразив с зернистостью 60, результаты экспериментов представлены на рис. 2.

Анализируя результаты исследований (см. рис. 2), можно сделать вывод о том, что нетканый материал на основе конопляных волокон обладает необходимой стойкостью к истиранию, что обусловлено высоким переплетением отдельных конопляных волокон иглопробивным способом.

Т а б л и ц а

## Физико-механические свойства утеплителей

Образец	Толщина, мм	Разрывная нагрузка, кН	Удлинение при разрыве		Предел прочности, мПа
			фактическое, мм	относительное, %	
Утеплитель на основе базальта	3,34	-	-	-	-
Утеплитель на основе льна	3,00	9,15	218,94	118,93	0,1
Утеплитель на основе конопли	2,95	49,88	47,63	31,75	0,2



Рис. 2. Образцы строительных утеплителей после испытания на стойкость к истиранию:

- а – утеплитель на основе базальта, 1000 оборотов;  
 б – утеплитель на основе льна, 1000 оборотов;  
 в – утеплитель на основе конопли, 1000 оборотов

Основным свойством, которым должны обладать различные утеплители, является теплопроводность, которая характеризуется коэффициентом теплопроводности, Вт/(м·К). Коэффициент теплопроводности утеплителя на основе волокон технической ненаркотической конопли составил 0,04 Вт/(м·К) и соответствует показателям теплопроводности строительных утеплителей на основе льна (льноватин) – 0,037...0,04 Вт/(м·К) и базальта – 0,033...0,046 Вт/(м·К).

Также одним из основных требований, предъявляемых к утеплителям, является их стойкость к воздействию огня. В связи с тем, что сырьем для производства нетканого материала из волокон конопли являются растительные волокна, не обладающие огнестойкостью, то применение таких материалов ограничено. По-

этому использование нетканого материала из волокон конопли допустимо с учетом модификации последних антипиренами. С целью повышения огнестойких свойств обработка полученного материала проводилась с помощью отечественных антипиренов.

Исходя из результатов экспериментов, можно сделать вывод о том, что нетканый материал на основе конопляных волокон без предварительной модификации антипиренами практически полностью деструктировал. При использовании антипирена образец на 11-й секунде начал темнеть, возгорания нет.

Следовательно, использование антипиренов на разработанном нетканом материале (утеплителе) целесообразно и способно как исключить воспламенение от случайного очага возго-

рания, так и не поддерживать его в продолжительный период воздействия.

### ВЫВОДЫ

Анализируя результаты исследований, представленных в данной работе, можно сделать вывод, что утеплитель на основе волокон технической ненаркотической конопли заслуживает достойного места на рынке строительных материалов, благодаря своим характеристикам и цене. Полученный нетканый материал является серьезным конкурентом для базальто-

вых и льняных утеплителей, представленных в Республике Татарстан. В сравнении со льном техническая ненаркотическая конопля дешевле в 2,5 раза (данные на весну 2021 г.), а качество готовой продукции выше [11]. Кроме того, предел прочности нетканого материала из волокон конопли выше на 100 %, с сохранением коэффициента теплопроводности 0,04 Вт/(м·К).

Коноплеводство в России только набирает обороты, что, соответственно, окажет положительное влияние на спрос данного материала в будущем.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов А. В., Хахамов А. Р. Утепление стен дома: необходимость или пережиток прошлого? // Аргументы и факты : еженедельник. URL: <https://aif.ru/boostbook/uteplenie-sten.html> (дата обращения: 02.02.2022).
2. Инновации в теплоизоляции // Строительство : информационное агентство. Татарстан. URL: <http://tatarstan.iastr.ru/materialy/273-innovacii-v-teploizolyacii-.html> (дата обращения: 02.02.2022).
3. Утеплители из конопли и льна: уникальные свойства и непревзойденная долговечность // Малоэтажная страна : офиц. сайт выставки. URL: <https://m-strana.ru/articles/utepliteli-iz-lna-i-konopli> (дата обращения: 02.02.2022).
4. Кирюхин С. М. Текстильное материаловедение. М. : КолоС, 2011. 414 с.
5. Марков В. В. Первичная обработка лубяных волокон : учебник для вузов. М. : Легкая индустрия, 1974. 416 с.
6. Дорофеев В. В. Разработка и исследование технологии получения модифицированных лубяных волокон на базе ударно-волнового воздействия : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 21 с.
7. Аникиенко Е. Техническая конопля: особенности производства и перспективы переработки // Нивы России. 2018. № 7(162). URL: <http://svetich.info/publikacii/krestjanskaja-praktika/tehnicheskaja-konoplja-osobennosti-proiz.html> (дата обращения: 02.02.2022).
8. Белая А. И в пир, и в мир. Техническая конопля может заменить десятки материалов в различных сферах // Агроинвестор. 2019. URL: <https://www.agroinvestor.ru/companies/article/31689-i-v-pir-i-v-mir> (дата обращения: 02.02.2022).
9. Выращивание технической конопли: что делают из растения // ВКонтакте : соц. сеть. URL: [https://vk.com/@organic\\_wear-vyraschivanie-tehnicheskoi-konopli-cto-delaut-iz-rasteniya](https://vk.com/@organic_wear-vyraschivanie-tehnicheskoi-konopli-cto-delaut-iz-rasteniya) (дата обращения: 02.02.2022).
10. Большие перспективы технической конопли // Агропромышленная ассоциация коноплеводов : офиц. сайт. URL: <https://aparak.pro/2017/12/05/большие-перспективы-технической-кон> (дата обращения: 02.02.2022).
11. Льняные страдания // Росленконопля : сайт о льне и конопле. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/4282> (дата обращения: 02.02.2022).

### REFERENCES

1. Loginov A. V., Nahamov A. R. Insulation of the walls of the house: a necessity or a relic of the past?\*. URL: <https://aif.ru/boostbook/uteplenie-sten.html> (accessed 02.02.2022).
2. Innovations in thermal insulation\*. URL: <http://tatarstan.iastr.ru/materialy/273-innovacii-v-teploizolyacii-.html> (accessed 02.02.2022).
3. Hemp and linen insulation: unique properties and unrivaled durability\*. URL: <https://m-strana.ru/articles/utepliteli-iz-lna-i-konopli> (accessed 02.02.2022).
4. Kiryuhin S. M. Textile materials science. Moscow, KoloS Publ., 2011. 414 p. (In Russ.)
5. Markov V. V. Primary processing of bast fibers. Moscow, Light Industry Publ., 1974. 416 p. (In Russ.)
6. Dorofeev V. V. Development and research of technology for obtaining modified bast fibers based on shock-wave action\* : abstract of the diss. ... cand. of techn. sci. Moscow, 2014. 21 p. (In Russ.)

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

7. Anikienko E. Technical hemp: production features and processing prospects\*. *Nivy Rossii* [Fields of Russia]. 2018;7(162). URL: <http://svetich.info/publikacii/krestjanskaja-praktika/tehnicheskaja-konoplja-osobennosti-proiz.html> (accessed 02.02.2022).
8. Belaya A. And in a feast, and in the world. Industrial hemp can replace dozens of materials in various fields\*. *Agroinvestor* [Agroinvestor]. 2019. URL: <https://www.agroinvestor.ru/companies/article/31689-i-v-pir-i-v-mir> (accessed 02.02.2022).
9. Growing technical hemp: what is made from the plant\*. URL: [https://vk.com/@organic\\_wear-vyraschivanie-tehnicheskoi-konopli-cto-delaut-iz-rasteniya](https://vk.com/@organic_wear-vyraschivanie-tehnicheskoi-konopli-cto-delaut-iz-rasteniya) (accessed 02.02.2022).
10. Great prospects for technical hemp\*. URL: <https://apak.pro/2017/12/05/bol'shie-perspektivy-tehnicheskoy-kon> (accessed 02.02.2022).
11. Linen misery\*. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/4282> (accessed 02.02.2022).

Статья поступила в редакцию 20.04.2022

Принята к публикации 19.05.2022

---

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

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 004.93

EDN ZEEZWR

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-46-50

Лариса Викторовна Воронова<sup>1</sup>

Елена Васильевна Панишева<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>voronlar@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7004-1778>

<sup>2</sup>elenakgtu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9413-2626>

### К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ И РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ НОМЕРА АВТОМОБИЛЯ

**Аннотация.** В статье представлена методика определения границ и распознавания графического объекта – автомобильного номера. Разработка и использование автоматической системы распознавания автомобильного номера является актуальной задачей, так как позволяет производить контроль доступа автомобиля на закрытую охраняемую территорию без участия оператора. В статье приведен сравнительный анализ качества и эффективности работы различных методов (метод Виолы – Джонса, детектор границ Канни, оператор Собеля). Авторами предложена модификация метода определения границ в рамках решаемой задачи, оценена количественно точность распознавания.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, контурный анализ, метод Виолы – Джонса, детектор границ Канни, оператор Собеля, фильтр Гаусса, скорость локализации, точность распознавания

**Для цитирования:** Воронова Л. В., Панишева Е. В. К вопросу выбора метода определения границ и распознавания графического объекта применительно к задаче идентификации номера автомобиля // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 46–50. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-46-50>.

Original article

Larissa V. Voronova<sup>1</sup>

Elena V. Panisheva<sup>2</sup>

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

### ON THE QUESTION ON METHOD SELECTION OF THE EDGE DETECTION AND GRAPHIC OBJECT RECOGNITION APPLIED TO THE TASK OF LICENCE PLATE IDENTIFICATION

**Abstract.** The method of the edge detection and graphic object recognition – licence plate is presented in this article. The development and use of an automatic car number recognition system is an urgent task, as it allows you to control the access of a car to a closed protected area without the participation of an operator. The article presents a comparative analysis of the quality and efficiency of various methods (Viola–Jones object detection framework, Canny edge detector, Sobel operator). The authors proposed a modification of the method for determining boundaries within the framework of the problem being solved, quantified the accuracy of recognition.

**Keywords:** computer vision, contour analysis, Viola–Jones object detection framework, Canny edge detector, Sobel operator, Gaussian filter, localisation velocity, recognition accuracy

**For citation:** Voronova L. V., Panisheva E. V. On the question on method selection of the edge detection and graphic object recognition applied to the task of licence plate identification. Technologies & Quality. 2022. Nr 2(56). P. 46–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-46-50>.

Компьютерное зрение – область знаний, изучающая создание машинных алгоритмов, которые могут производить обнаружение, отслеживание и классификацию объектов на изображениях [1–5]. Поиск оптимального метода анализа графического объекта с использованием технологии компьютерного зрения осуществлялся в рамках решения задачи распознавания автомобильного номера для автоматизированной системы контроля доступа автотранспорта на охраняемую территорию.

#### Методы и принципы исследования

В настоящее время одними из наиболее эффективных методов для решения задачи локализации объектов на изображении являются метод контурного анализа [3, 4] и метод Виолы – Джонса [2].

Перед использованием обоих методов исходные изображения должны пройти первичную обработку. Поскольку изображения в экспериментальной выборке были разного разрешения, то на первом этапе необходимо привести их к единому виду –  $1280 \times 720$  пикселей. Обработка изображений на первом этапе производилась по следующему алгоритму:

1) определяем разрешение исходного изображения;

2) подсчитываем коэффициент преобразования  $k$ :

$$k = \frac{w}{h}, \quad (1)$$

где  $w$  – количество пикселей в исходном изображении по ширине;

$h$  – количество пикселей в исходном изображении по высоте;

3) производим расчет количества пикселей по ширине в новом изображении:

$$w_{\text{new}} = 720k, \quad (2)$$

где  $w_{\text{new}}$  – это количество пикселей в новом изображении по ширине;

720 – это количество пикселей в новом изображении по высоте;

4) преобразуем исходное изображение.

На втором этапе для увеличения четкости изображения использовался фильтр Гаусса, представляющий собой матрицу свертки, заполненную по закону нормального распределения.

На третьем этапе осуществлялся перевод изображения из формата RGB в оттенки серого, где каждый пиксел имеет один компонент. Такая операция необходима для уменьшения объема вычислений, что в конечном итоге приведет к ускорению обработки изображения в целом.

В ходе решения практической задачи был протестирован метод контурного анализа для идентификации автомобильного номера на изображении. Контурный анализ – это набор алгоритмов и методов для обработки изображения с целью нахождения границ (контуров) объектов и распознавания образов. Существует множество алгоритмов для поиска границ объекта: оператор Робертса; оператор Прюитта; оператор Лапласа; оператор Собеля; детектор границ Канни [6].

В библиотеке OpenCV [7] осуществляется работа с детектором границ Канни и оператором Собеля. Оператор Собеля менее точно определяет контуры исследуемого объекта, поэтому для решения нашей задачи было решено использовать детектор границ Канни (рис. 1).

Заметим, что после применения к изображению детектора Канни зачастую возникают случаи, когда контур автомобильного номера не является замкнутым. В этом случае к изображению необходимо последовательно применить два фильтра: «Наращивание» и «Эрозия». Первый фильтр применяется с целью утолщения контуров, что позволяет соединить контур в тех местах, где он не замкнут. Применение второго фильтра позволяет вернуть изображению исходную толщину контуров.

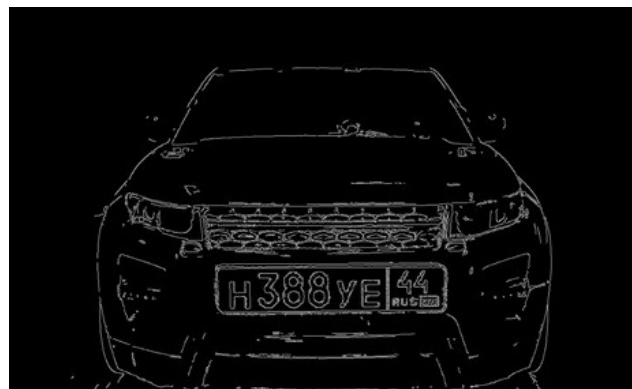


Рис. 1. Результат поиска границ объекта с помощью оператора Канни

В результате образовывалось множество контуров, среди которых необходимо было выбрать только один: контур с автомобильным номером. Для того чтобы найти нужный контур, определяем коэффициент:

$$k = \frac{S}{P}, \quad (3)$$

где  $S$  – площадь контура;

$P$  – периметр контура.

Эмпирически установлено, что коэффициент  $k$  должен находиться в промежутке от 10 до 40. Отбрасываем все остальные контуры, у которых коэффициент выходит за указанные пределы. Однако по-прежнему могут возникать ситуации, когда на изображении остался не только контур с границами автомобильного номера. В этом случае будем сравнивать длину и ширину контура. Если длина контура находится в промежутке от 200 до 400 пикселей, а ширина при этом в промежутке от 40 до 140 пикселей, тогда именно этот контур является подходящим.



Рис. 2. Выделение контура с автомобильным номером детектором границ Канни (до и после аппроксимации)



Рис. 3. Выделение контура с автомобильным номером с помощью метода Виолы – Джонса

### Основные результаты

Для тестирования обоих методов было выбрано 50 случайных изображений, размер которых составлял от  $800 \times 600$  до  $1920 \times 1440$  пикселей. В основном изображения были с чистыми номерами, в редких случаях номера были повернуты на небольшой угол или загрязнены.

Скорость локализации с помощью контурного анализа колебалась в пределах от 0,02

Изначально контур получался неровным. Чтобы его форма стала прямоугольной, применялась аппроксимация (рис. 2).

Также в решении нашей задачи применялся альтернативный метод распознавания изображения – метод Виолы – Джонса. Выбор данного метода объясняется тем, что к работе автоматизированной системы контроля доступа были предъявлены достаточно жесткие требования по временным затратам на обработку изображения.

В основу данного метода положены:

- интегральное представление изображения по признакам Хаара;
- построение классификатора на основе алгоритма адаптивного бустинга (улучшения);
- способ комбинирования классификаторов в каскадную структуру.

Эти приемы дают возможность выполнить поиск объекта в режиме реального времени. Результат работы метода представлен на рис. 3.

до 0,12 с, в то время как с помощью метода Виолы – Джонса от 0,14 до 0,3 с. Точность контурного анализа составляет 25 %, метода Виолы – Джонса – 85 %.

Показатели скорости рассчитывались следующим образом: замерялось время обработки каждого изображения, затем вычислялось среднее арифметическое этих значений. Точность распознавания – это количество изображений,



на которых верно локализован номер, поделенное на общее количество изображений.

Контурный анализ плохо справился с точностью распознавания. При определенной регуировке параметров удавалось выделить номер на большем количестве изображений, но подобрать универсальные параметры было невозможно. Метод Виолы – Джонса хотя и проигрывает по скорости распознавания, но точность распознавания у него в несколько раз выше.

Трудность распознавания составляют в большинстве случаев такие изображения, на которых присутствует грязный номер, большой угол наклона номера, неудобный ракурс и белый цвет автомобиля.

По итогам тестирования методов было решено разработать модифицированный метод, который позволит улучшить локализацию.

За основу решено было принять метод Виолы – Джонса, поскольку именно он давал наилучшую точность в локализации. Проблема его заключалась в том, что он находил очень большую область с номером, где присутствует не только рамка самого номера, но и часть ма-

шины. Поэтому было принято решение разработать алгоритм, который будет обрезать это изображение так, чтобы оставался только номер автомобиля без лишних деталей.

Поиск верхней и нижней границ номера осуществлялся с помощью анализа гистограммы яркости. Но перед этим изображение должно быть подвергнуто фильтрации.

Далее проводилась операция бинаризации изображения [8]. После этого считалось количество черных пикселей в каждой строчке и на основе полученной информации строилась гистограмма (рис. 4). На гистограмме виден резкий провал в начале и резкое возрастание в конце. Следовательно, в этих местах и находятся верхняя и нижняя границы.

Для координаты верхней границы характерно соотношение: количество черных пикселей в предыдущей строке в 2 раза больше, чем в текущей. Для нахождения координаты нижней границы справедливо обратное соотношение: количество черных пикселей в текущей строке в 2 раза больше, чем в предыдущей.

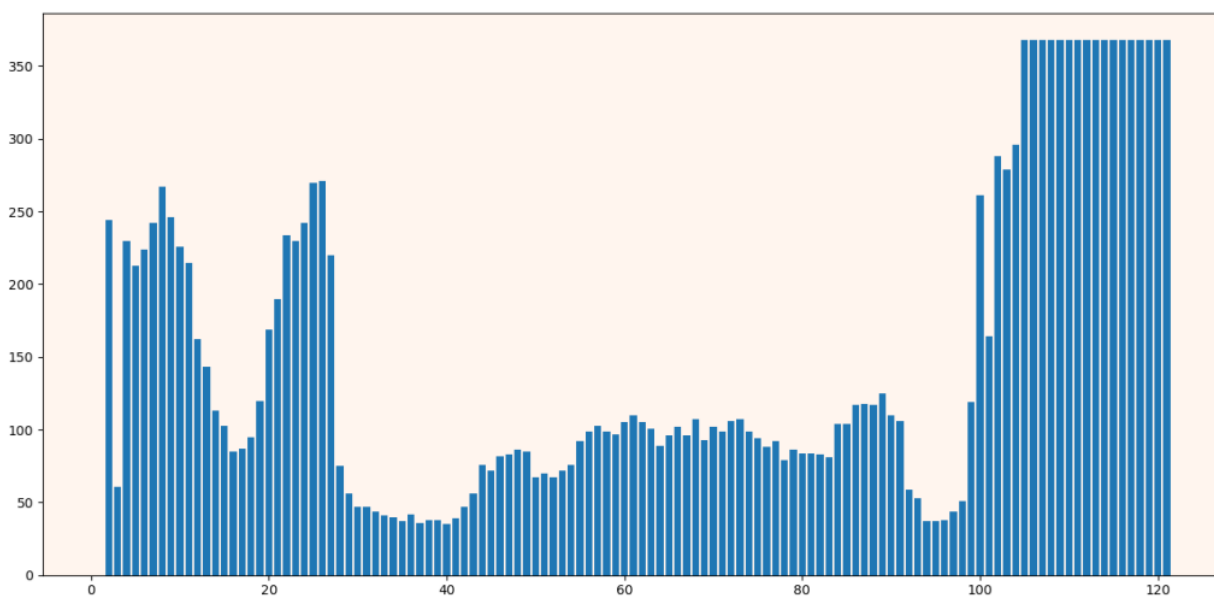


Рис. 4. Гистограмма яркости по горизонтали

Алгоритм поиска боковых границ производился аналогично. Результат нахождения новых границ номера представлен на рис. 5.

Таким образом, анализ и тестирование наиболее популярных методов выделения объектов показал, что для решения данной задачи необходимо разработать модифицированный метод на основе существующих алгоритмов, который бы позволил увеличить точность распознавания графического объекта и имел приемлемые скоростные характеристики работы.

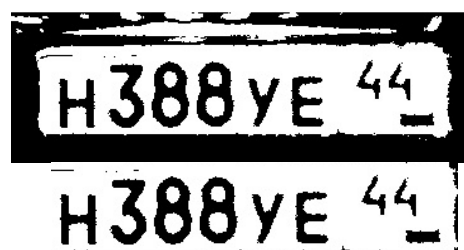


Рис. 5. Автомобильный номер после нахождения новых границ

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Shapiro L. G., Stockman G. C. *Computer Vision*. New Jersey : Prentice-Hall, 2001. P. 279–325.
2. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection // *International Journal of Computer Vision*. 2004. Vol. 57. P. 137–154.
3. Форсайт А. Д. *Компьютерное зрение. Современный подход* : пер. с англ. М. : Вильямс, 2004. 928 с.
4. Фурман Я. А., Юрьев А. Н., Яншин В. В. *Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений*. Красноярск : Изд-во Красноярск. ун-та, 1992. 248 с.
5. Huang C. P., Wang R. Z. An Integrated Edge Detection Method Using Mathematical Morphology // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2006. Vol. 16, no. 3. P. 406–412.
6. Canny J. A Computational Approach for Edge Detection // *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*. 1986. Vol. PAMI-8, no. 6. P. 679–698.
7. OpenCV: Open Source Computer Vision. URL: [https://docs.opencv.org/3.4.0/d7/d4d/tutorial\\_py\\_thresholding.html](https://docs.opencv.org/3.4.0/d7/d4d/tutorial_py_thresholding.html) (дата обращения: 2.03.2022).
8. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. 1979. Vol. SMC-9, no. 1, P. 62–66.

## REFERENCES

1. Shapiro L. G., Stockman G. C. *Computer Vision*. New Jersey, Prentice-Hall, 2001:279–325.
2. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection. *International Journal of Computer Vision*. 2004;57:137–154.
3. Forsajt A. D. *Computer vision. Modern approach*. Moscow, Willyams Publ., 2004. 928 p. (In Russ.)
4. Furman Ya. A., Yur'ev A. N., Yanshin V. V. *Digital methods of processing and recognition of binary images*. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk. St. Univ. Publ., 1992. 248 c. (In Russ.)
5. Huang C. P., Wang R. Z. An Integrated Edge Detection Method Using Mathematical Morphology. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2006;16,3:406–412.
6. Canny J. A Computational Approach for Edge Detection. *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*. 1986;PAMI-8,6:679–698.
7. OpenCV: Open Source Computer Vision. URL: [https://docs.opencv.org/3.4.0/d7/d4d/tutorial\\_py\\_thresholding.html](https://docs.opencv.org/3.4.0/d7/d4d/tutorial_py_thresholding.html) (accessed 2.03.2022).
8. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. 1979;SMC-9,1:62–66.

Статья поступила в редакцию 09.03.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Научная статья

УДК 677.054.3

EDN ZCURFK

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-52-51-57

Александр Викторович Мещеряков<sup>1</sup>

Светлана Юрьевна Богачева<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>meshcheryakov-av@rguk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1655-4027>

<sup>2</sup>bogacheva-su@rguk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-3213>

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность использования цепных линейных моделей для исследования кинематики движения исполнительных механизмов машин с пространственной разветвленной механической системой. На примере ткацких машин показано влияние на кинематику движения звеньев их инерционных и диссипативных характеристик, движущего момента, момента, развиваемого пусковой муфтой, жесткости передаточных механизмов. При исследовании использованы цепные динамические модели с жесткими звеньями, которые соединены упругодиссипативными связями, уравнения Лагранжа второго рода.

**Ключевые слова:** ткацкая машина, механическая система, исполнительный механизм, звено, передаточный механизм, связь, момент инерции, жесткость, движущий момент, момент сцепления

**Для цитирования:** Мещеряков А. В., Богачева С. Ю. Использование линейных моделей механической системы машин для исследования работы их исполнительных механизмов // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 51–57. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-51-57>.

Original article

Alexander V. Meshcheryakov<sup>1</sup>

Svetlana Yu. Bogacheva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

### THE USE OF LINEAR MODELS OF THE MECHANICAL SYSTEM OF THE MACHINE'S TO STUDY THE OPERATION OF THEIR ACTUATORS

**Abstract.** This article discusses the possibility of using chain linear models to study the kinematics of the movement of actuators of machines with a spatial branched mechanical system. The example of weaving machines shows the effect on kinematics of movement of links of their inertial and dissipative characteristics, driving moment, torque developed by the starting clutch, rigidity of transmission mechanisms. During the studies, chain dynamic models with rigid links, which are connected by elastic dissipative bonds, second-order Lagrange's equations were used.

**Keywords:** weaving machine, mechanical system, actuator, link, transmission mechanism, coupling, moment of inertia, stiffness, driving moment, clutch moment

**For citation:** Meshcheryakov A. V., Bogacheva S. Yu. The use of linear models of the mechanical system of the machine's to study the operation of their actuators. Technologies & Quality. 2022. Nr 2(56). P. 51–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-51-57>.

Подвижная часть механической системы многих машин, в частности ткацких, имеет пространственную разветвленную схему с одной степенью подвижности. На примере ткацких машин рассмотрена возможность использования линейных цепных динамических моделей механических частей машин для исследования работы их исполнительных механизмов.

Исполнительные механизмы ткацких машин имеют небольшие размеры относительно габаритов машины и соединяются как последовательно, так и параллельно, с помощью валов и разных передаточных механизмов. Основу механической системы составляет главный вал, имеющий большую протяженность. У многих ткацких машин движение от него получают все исполнительные механизмы. Значительные продольные размеры имеют и другие валы, некоторые цепные и ременные передаточные механизмы ткацких машин. Исполнительные механизмы, зубчатые передаточные механизмы, отдельные детали этих машин имеют значительно меньшие продольные размеры при больших поперечных размерах. Поэтому жесткость и инерционные параметры валов и передаточных механизмов получаются на порядки меньше, чем у исполнительных механизмов. Это позволяет звенья привода, исполнительные механизмы и отдельно расположенные массивные детали подвижной части механической системы ткацких машин при изучении их движения принимать как абсолютно жесткие звенья с одной степенью подвижности, обладающие инерцион-

ными характеристиками, к которым приложены силы сопротивления движению и технологического сопротивления. Валы и передаточные механизмы, соединяющие исполнительные механизмы, можно рассматривать как безынерционные упругодиссипативные связи, распределив их инерционные параметры между абсолютно жесткими звеньями модели [1, с. 16–37]. Таким образом можно получить динамическую модель механической системы ткацкой машины, которая позволит моделировать движение входного звена интересующего исполнительного механизма. Эксперимент показывает [2, с. 109–113], что удобно сводить механическую систему к линейной цепной модели, выбрав в качестве основной линию от приводного электродвигателя до исследуемого исполнительного механизма, приведя ветви, отходящие от основной линии, известными методами к местам их ответвлений [3, с. 24–30, 40–50].

На рис. 1 приведена линейная динамическая модель ткацкой машины, разработанная на основе высказанных положений для ткацкой машины типа СТБ. Машина оснащена асинхронным двигателем, который соединен со шкивами пусковой муфты ременной передачей. Пусковая муфта и тормоз расположены на главном валу машины. Привод батанного механизма располагается в двух отдельных батанных коробках по сторонам ткани. Остальные исполнительные механизмы получают движение с левой стороны главного вала через передаточные механизмы и валы.

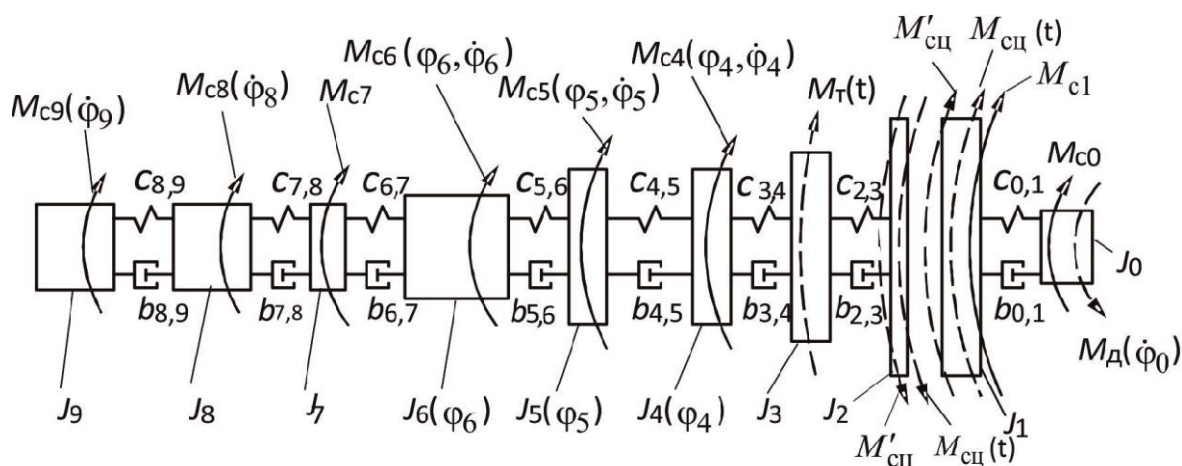


Рис. 1. Линейная цепная модель механической системы ткацкой машины (расшифровка обозначений, используемых на рисунке, дана после системы уравнений)

В звенья модели включены следующие детали и исполнительные механизмы машины:  
0 – ротор электродвигателя и шкив на его валу;  
1 – ременные шкивы пусковой муфты;

2 – фрикцион пусковой муфты;  
3 – тормозной барабан;  
4 – правая батанная коробка;  
5 – левая батанная коробка;

6 – механизмы, получающие движение от конической передачи главный вал – распределительный вал;

7 – детали передаточного механизма между главным и верхним валами;

8 – механизмы, находящиеся на верхнем валу;

9 – механизмы, находящиеся на эксцентриковом валу.

Все периоды работы ткацкой машины этой модели описываются системой уравнений Лагранжа второго рода [4, с. 24–26].

$$J_0\ddot{\varphi}_0 = M_d(\dot{\varphi}_0) - M_{c0} - c_{0,1}(\varphi_0 - \varphi_1) - b_{0,1}(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1);$$

$$J_1\ddot{\varphi}_1 = c_{0,1}(\varphi_0 - \varphi_1) + b_{0,1}(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1) - M_{c1} - M_{сц}(t) - M'_{сц};$$

$$J_2\ddot{\varphi}_2 = M_{сц}(t) + M'_{сц} - c_{2,3}(\varphi_2 - \varphi_3) - b_{2,3}(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3);$$

$$J_3\ddot{\varphi}_3 = c_{2,3}(\varphi_2 - \varphi_3) + b_{2,3}(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) - M_T(t) - c_{3,4}(\varphi_3 - \varphi_4) - b_{3,4}(\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4);$$

$$J_4(\varphi_4)\ddot{\varphi}_4 + \frac{1}{2} \frac{dJ_4(\varphi_4)}{d\varphi_4} \dot{\varphi}_4^2 = c_{3,4}(\varphi_3 - \varphi_4) + b_{3,4}(\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) - M_{c4}(\varphi_4, \dot{\varphi}_4) - c_{4,5}(\varphi_4 - \varphi_5) - b_{4,5}(\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5);$$

$$J_5(\varphi_5)\ddot{\varphi}_5 + \frac{1}{2} \frac{dJ_5(\varphi_5)}{d\varphi_5} \dot{\varphi}_5^2 = c_{4,5}(\varphi_4 - \varphi_5) + b_{4,5}(\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5) - M_{c5}(\varphi_5, \dot{\varphi}_5) - c_{5,6}(\varphi_5 - \varphi_6) - b_{5,6}(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6);$$

$$J_6(\varphi_6)\ddot{\varphi}_6 + \frac{1}{2} \frac{dJ_6(\varphi_6)}{d\varphi_6} \dot{\varphi}_6^2 = c_{5,6}(\varphi_5 - \varphi_6) + b_{5,6}(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_6) - M_{c6}(\varphi_6, \dot{\varphi}_6) - c_{6,7}(\varphi_6 - \varphi_7) - b_{6,7}(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7);$$

$$J_7\ddot{\varphi}_7 = c_{6,7}(\varphi_6 - \varphi_7) + b_{6,7}(\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_7) - M_{c7} - c_{7,8}(\varphi_7 - \varphi_8) - b_{7,8}(\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_8);$$

$$J_8\ddot{\varphi}_8 = c_{7,8}(\varphi_7 - \varphi_8) + b_{7,8}(\dot{\varphi}_7 - \dot{\varphi}_8) - M_{c8}(\dot{\varphi}_8) - c_{8,9}(\varphi_8 - \varphi_9) - b_{8,9}(\dot{\varphi}_8 - \dot{\varphi}_9);$$

$$J_9\ddot{\varphi}_9 = c_{8,9}(\varphi_8 - \varphi_9) + b_{8,9}(\dot{\varphi}_8 - \dot{\varphi}_9) - M_{c9}(\dot{\varphi}_9),$$

где  $J_0, \dots, J_9$  – моменты инерции звеньев с 0 по 9;

$\ddot{\varphi}_0, \dots, \ddot{\varphi}_9; \dot{\varphi}_0, \dots, \dot{\varphi}_9; \varphi_0, \dots, \varphi_9$  – ускорения, скорости и углы поворота соответствующих звеньев;

$M_{c0}, \dots, M_{c9}$  – моменты сопротивления движению этих звеньев;

$c_{0,1}, \dots, c_{8,9}; b_{0,1}, \dots, b_{8,9}$  – коэффициенты жесткости и диссипации связей между звеньями;

$M_d(\dot{\varphi}_0)$  – движущий момент;

$M_{сц}(t)$  – момент сцепления, развиваемый пусковой муфтой;

$M'_{сц}$  – остаточный момент в пусковой муфте;

$M_T(t)$  – момент, развиваемый тормозом.

Эта система дифференциальных уравнений позволяет моделировать законы изменения кинематических характеристик движения звеньев и динамические характеристики, возникающие в связях, в различные периоды работы ткацкой машины. Движение модели разбито на четыре периода: разгон ротора электродвигателя, шкива на его валу и ременных шкивов пусковой муфты до скорости холостого хода  $\dot{\varphi}_{х.х.}$ ; от включения пусковой муфты до выравнивания скоростей ее ременных шкивов и фрикциона  $\dot{\varphi}_{сц}$  (скорость сцепления); установившийся режим работы машины; останов машины.

Анализ конструкций ткацких машин позволил принять следующие законы изменения механических параметров звеньев модели [2, с. 124–219]:

$$J_{0,1,2,3,7,8,9} - \text{const},$$

$$J_{4,5,6} = \frac{\bar{J}_i}{2} + \sum_q^{q_{\max}} [a_i \cos q_i \varphi_i + b_i \cos q_i \varphi_i];$$

$$M_{c0} - \text{const},$$

$$M_{c1,2,3} = 0,$$

$$M_{c7,8,9} = \bar{M}_{ci} + f_i \varphi_i,$$

$$M_{c4,5,6} = \bar{M}_{ci} + f_i \varphi_i + \sum_q^{q_{\max}} [a_{ci} \cos q_{ci} \varphi_i + b_{ci} \cos q_{ci} \varphi_i],$$

$$M_d = 2M_k (1 + a_d S_k) \left[ \frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S + 2a_d S_k} \right]^{-1};$$

$$M_{сц} = M_{сц.н} [\alpha + \sin(\gamma t + \beta)], \quad M'_{сц} - \text{const},$$

$$M_T = M_{Т.н} \left[ (1 - y^{-kt})h + \left( \frac{1}{d} - 1 \right) e^{-nt} \beta \sin mt - \gamma t \right],$$

где  $\bar{J}_i$  – средний момент инерции звена;

$\bar{M}_{ci}$  – средний момент сопротивления движению звена;

$M_k$  – критический момент двигателя;

$S$  – скольжение;

$S_k$  – критическое скольжение;

$M_{сц.н}$  – номинальный момент, развиваемый пусковой муфтой;

$M_{т.н}$  – номинальный момент, развиваемый тормозом.

В результате решения приведенной системы уравнений получают графики зависимостей во времени следующих параметров: углов поворота, угловых скоростей и ускорений звеньев модели, их моментов инерции и моментов сопротивления движению; моментов в связях; момента на валу двигателя; момента, развиваемого пусковой муфтой; момента, развиваемого тормозом машины.

На рис. 2 в качестве примера показаны графики изменения скоростей звеньев модели в функции времени. При включении двигателя

ротор и приводные шкивы (ведущая часть модели, кривые 0 и 1) плавно разгоняются до скорости холостого хода  $\dot{\phi}_{х.х.}$ .

После включения пусковой муфты к звеньям 1 и 2 прикладывается момент  $M_{сц.}$ . Через некоторое время начинают последовательно двигаться другие звенья модели (ведомая часть модели, кривые 2–9). До выравнивания скоростей звеньев 1 и 2 (скорость  $\dot{\phi}_{сц.}$  на рис. 2) движение всех звеньев происходит плавно без заметных колебаний. После выравнивания скоростей все звенья движутся со значительными колебаниями, которые увеличиваются до момента выхода машины на режим установившегося движения. Анализ полученных результатов показывает, что колебания совершаются относительно звеньев 1, 2, 3, которые обладают наибольшими моментами инерции и конструктивно выполнены как единый блок. Наибольшее колебание скорости наблюдается у звена 9 модели.

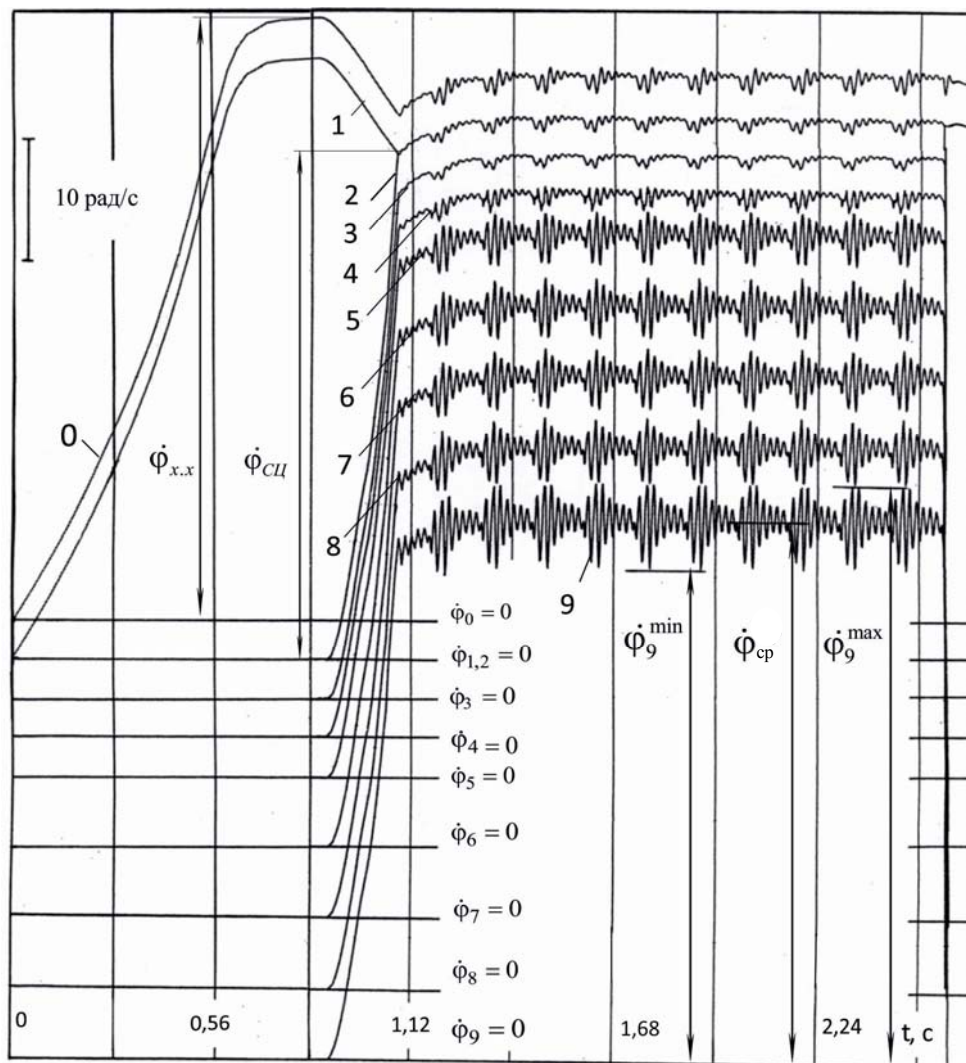


Рис. 2. Графики изменения скоростей звеньев модели в процессе работы

Аналогичная картина наблюдается по ускорениям звеньев модели. Углы поворота изменяются в процессе работы модели без существенных колебаний. Сравнение результатов расчетов с выполненными ранее экспериментальными исследованиями движения звеньев ткацких машин в разные периоды работы [3, с. 246–250] показало их хорошее совпадение.

В ходе обработки результатов вычислительного эксперимента было изучено влияние на скоростные характеристики движения звеньев модели движущего момента, развиваемого двигателем, момента сцепления, развиваемого пусковой муфтой, инерционных и диссипативных характеристик ее звеньев.

На рис. 3 представлена диаграмма скоростных характеристик движения звеньев модели при использовании двигателя разной мощности.

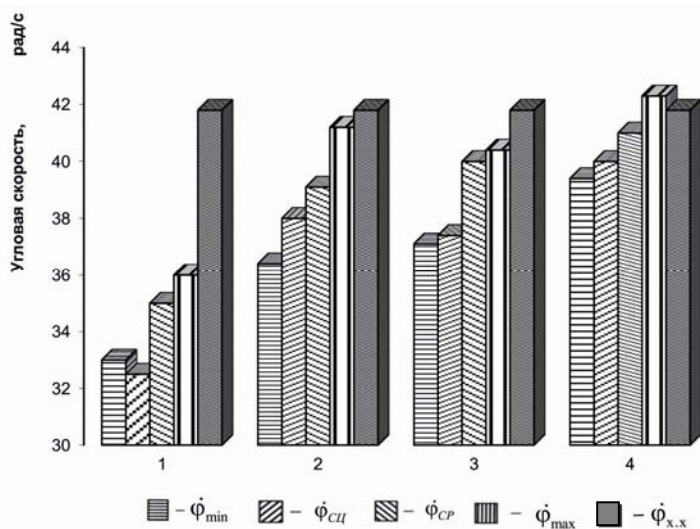


Рис. 3. Диаграмма скоростных характеристик:

1–4 – группы двигателей;  $\dot{\varphi}_{\min}$  – минимальная;  $\dot{\varphi}_{\text{ср}}$  – средняя;  $\dot{\varphi}_{\max}$  – максимальная скорость звена;  $\dot{\varphi}_{\text{сц}}$  – скорость сцепления;  $\dot{\varphi}_{\text{х.х}}$  – скорость холостого хода

На рис. 4 приведены графики влияния скоростного режима модели на неравномерность движения ее звеньев. При всех двигателях увеличение скоростного режима ведет к увеличению неравномерности движения звеньев модели. При более мощных двигателях это проявляется сильнее.

Изменение момента сцепления  $M_{\text{сц}}$ , развиваемого пусковой муфтой привода, влияет только на скорость  $\dot{\varphi}_{\text{сц}}$ . Так, при двигателе  $N = 4,0$  кВт и средней скорости  $\dot{\varphi}_{\text{ср}} = 44,8$  рад/с увеличение момента сцепления с 150 до 200 Н·м ведет к увеличению  $\dot{\varphi}_{\text{сц}}$  на 1,7 рад/с; с 200 до 250 Н·м на 1,08 рад/с; с 250 до 300 Н·м на 0,75 рад/с; с 300 до 350 Н·м на 0,42 рад/с; с 350 до 400 Н·м на 0,28 рад/с.

Расчетная скорость модели была принята равной 40,1 рад/с. На диаграмме скоростные параметры модели, рассчитанные с одним двигателем, объединены в самостоятельные группы и обозначены 1, 2, 3, 4. Исследования проведены для четырех асинхронных двигателей серии 4А с синхронной частотой 1500 мин<sup>-1</sup> и мощностью двигателя: 1-я группа – 2,2 кВт; 2-я группа – 3,0 кВт; 3-я группа – 4,0 кВт; 4-я группа – 5,0 кВт. Увеличение мощности двигателя не влияет на скорость  $\dot{\varphi}_{\text{х.х}}$ . Другие скоростные характеристики звеньев модели с ростом мощности двигателя увеличиваются. Это связано с тем, что при использовании двигателя большей мощности работа происходит на более крутой части его механической характеристики. Более существенно при увеличении мощности двигателя изменяются скоростные параметры дальних звеньев.

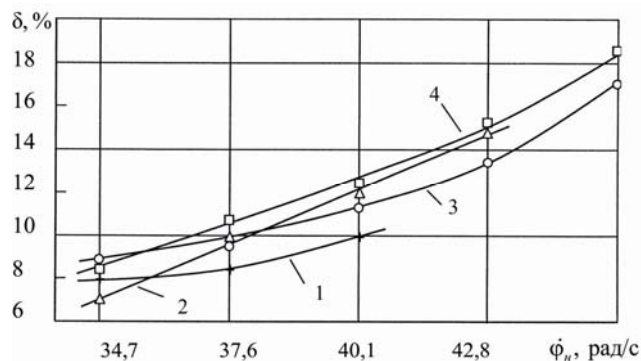


Рис. 4. Влияние скоростного режима модели на неравномерность движения

Влияние величины момента инерции звеньев модели на неравномерность их движе-

ния ( $\delta$ , %) показано в табл. 1. Моменты инерции звеньев 3 и 7 в ходе эксперимента оставались неизменными.

Влияние коэффициентов жесткости связей между звеньями модели на неравномерность движения ее звеньев показано в табл. 2. Коэффициенты жесткости связей между звеньями 6–7 и 7–8 в ходе вычислительного эксперимента оставались постоянными.

Анализ результатов исследований показывает, что увеличение коэффициента жесткости связи 0, 1 (между ротором двигателя и ременными шкивами пусковой муфты) ведет к увеличению неравномерности движения всех звеньев модели. Увеличение коэффициентов жесткости других связей ведет к уменьшению неравномерности движения звеньев модели.

Многие механизмы ткацких машин работают в масляных ваннах, и их моменты сопротивления зависят от скорости движения.

В представленной модели это относится к звеньям 4, 5, 6, 8, 9. Были проведены исследования влияния коэффициента изменения момента сопротивления движению от скорости на кинематические характеристики движения модели. Этот коэффициент был принят одинаковым у моментов сопротивления всех пяти звеньев. Увеличение данного параметра ведет к уменьшению всех кинематических характеристик движения звеньев модели, кроме скорости холостого хода  $\dot{\varphi}_{х.х.}$ .

Проведенные исследования показывают, что для исследования работы исполнительных механизмов машины с разветвленной механической системой можно использовать линейные цепные модели, составив линейную цепь от двигателя до интересующего исполнительного механизма. Это существенно упрощает проведение исследований.

Таблица 1

Момент инерции, кг·м <sup>2</sup>		Звено								
		0	1+2	3	4	5	6	7	8	9
		$\delta$ , %								
$J_0$	0,35	4,9	3,2	2,7	4,5	10,9	12,3	12,3	13,2	17,6
	0,38	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,42	4,5	3,0	2,7	4,2	10,3	12,0	12,3	12,5	16,7
$J_{1+2}$	1,0	4,7	2,9	2,9	4,1	9,8	10,4	10,6	11,7	15,3
	1,3	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	11,9	12,0	13,0	17,1
	1,5	4,7	3,3	2,5	4,7	11,3	13,2	13,4	14,3	18,7
$J_4$	0,040	4,8	3,0	2,6	4,2	10,4	12,1	12,1	12,4	16,7
	0,049	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,052	4,6	3,2	2,8	4,6	10,8	12,5	12,4	13,0	17,4
$J_5$	0,040	4,7	3,1	2,7	4,8	10,8	11,9	12,5	12,9	16,7
	0,049	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,052	4,7	3,1	2,7	4,1	10,5	12,5	12,2	12,9	17,6
$J_6$	0,015	4,7	3,1	2,7	4,3	10,7	12,1	11,4	12,9	16,9
	0,021	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,030	4,7	3,1	2,7	4,6	10,5	12,6	13,2	12,9	17,4
$J_8$	0,006	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,3	12,4	12,7	16,7
	0,009	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,140	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,0	12,1	13,2	17,6
$J_9$	0,002	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	13,0	16,7
	0,0022	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,9	17,1
	0,0024	4,7	3,1	2,7	4,4	10,6	12,2	12,3	12,8	17,5

Таблица 2

Коэффициент жесткости связи, Н·м/рад	$c_{0,1}$			$c_{2,3}$			$c_{3,4}$		
	$20 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^4$	$34 \cdot 10^4$	$40 \cdot 10^4$	$60 \cdot 10^3$	$67 \cdot 10^3$	$80 \cdot 10^3$
$\delta$ , %	16,2	17,1	18,5	17,5	17,1	16,4	18,2	17,1	14,8
Коэффициент жесткости связи, Н·м/рад	$c_{4,5}$			$c_{5,6}$			$c_{8,9}$		
	$30 \cdot 10^3$	$35 \cdot 10^3$	$41 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^4$	$20 \cdot 10^4$	$26 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^3$	$8,4 \cdot 10^3$	$9,3 \cdot 10^3$
$\delta$ , %	17,9	17,1	16,5	17,6	17,1	16,3	17,1	17,1	17,1



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Маслов Г. С. Расчеты колебаний валов : справочник. М. : Машиностроение, 1980. 151 с.
2. Мартынов И. А., Мещеряков А. В., Корнев Б. И. Динамика приводов ткацких машин. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2002. 352 с.
3. Ривин Е. В. Динамика привода станков. М. : Машиностроение, 1966. 204 с.
4. Динамика машин и управление машинами : справочник / В. К. Асташин, В. И. Бабицкий, И. И. Вульсон [и др.] ; под ред. Г. В. Крейнина. М. : Машиностроение, 1988. 240 с.

## REFERENCES

1. Maslov G. S. Calculations of Shaft Oscillations\*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980. 151 p. (In Russ.)
2. Martynov I. A., Meshcheryakov A. V., Kornev B. I. Dynamics of drives of weaving machines\*. Moscow, Kosygin Rus. St. Univ. Publ., 2002. 352 p. (In Russ.)
3. Rivin E. V. Dynamics of Machine Drives\*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1966. 204 p. (In Russ.)
4. Astashin V. K., Babitsky V. I., Vulson I. I. [et. al.]; G. V. Kreinin (ed.) Dynamics of machines and control of machines\*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 240 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 11.04.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

---

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

# ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.12:745:666.29

EDN YSYINC

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-58-64

Ирина Владимировна Рыбакова<sup>1</sup>

Сергей Ильич Галанин<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>irarybakova.v@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8437-5798>

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

## ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ В ЭМАЛЯХ ИЛЬГИЗА ФАЗУЛЗЯНОВА

**Аннотация.** В статье рассмотрены дизайн и технологические особенности изготовления ювелирных изделий с использованием технологии горячего эмалирования одного из ведущих российских ювелиров-эмальеров Ильгиза Фазулзянова. Ретроспектива ювелирных изделий Мастера показала, что для решения сложных дизайнерских задач необходима кропотливая и весьма трудозатратная, не видимая зрителю работа по решению комплекса технологических проблем, связанных с созданием сложных объемных моделей изделий и с прокладыванием витражных эмалей на сложнопрофилированных основах из драгоценных металлов. Оригинальные решения этих проблем позволили Фазулзянову заложить основу для создания собственного ювелирного бренда.

**Ключевые слова:** ювелирный дизайн, ювелирные бренды, Ильгиз Фазулзянов, горячие эмали, технология горячего эмалирования, витражная эмаль, модель

**Для цитирования:** Рыбакова И. В., Галанин С. И. Дизайн и технология в эмалях Ильгиза Фазулзянова // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 58–64. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-58-64>.

Original article

Irina V. Rybakova<sup>1</sup>

Sergey I. Galanin<sup>2</sup>

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

## DESIGN AND TECHNOLOGY IN ENAMELS BY ILGIZ FAZULZYANOV

**Abstract.** The article deals with the design and technological features of making jewellery using hot enameling technology by Ilgiz Fazulzyanov, one of the leading Russian enameller jewellers. A retrospective of the Master's jewellery pieces showed that complex design tasks require painstaking and very labour-intensive work to solve complex technological problems associated with creating complex three-dimensional jewellery models and laying stained glass enamels on complex precious metal bases that are not visible to the public. Original solutions to these problems allowed Ilgiz Fazulzyanov to lay the foundation for creating his own jewellery brand.

**Keywords:** jewellery design, jewellery brands, Ilgiz Fazulzyanov, hot enamel, hot enamel technology, stained glass enamel, model

**For citation:** Rybakova I. V., Galanin S. I. Design and technology in enamels by Ilgiz Fazulzyanov. Technologies & Quality. 2022. Nr 2(56). P. 58–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-58-64>.

Исследования современного ювелирного искусства зачастую обходят стороной горячую ювелирную эмаль в украшениях. Эмальерные техники чаще встречаются в ретроспективных работах по истории ювелирного искусства. Тем самым невольно создаются ассоциации, что эмальерное дело – искусство прошлого и с со-

временным дизайном мало сопоставимо. Кроме того, это связано с тем, что кардинальных технологических новшеств в этих техниках за последние сто с лишним лет почти нет. Современные ювелиры проходят практически такие же этапы работы в создании украшений, что и мастера прошлого [1, 2]. Но, несмотря на ряд объективных и субъективных трудностей [3], отечественный ювелирный дизайн не стоит на месте.

© Рыбакова И. В., Галанин С. И., 2022

Ильгиз Фазулзянов – уникальный художник-ювелир. Его работы – яркий пример взаимодействия дизайна и технологии эмалирного дела в современном ювелирном искусстве, пример создания собственного бренда [4].

Ильгиз Фазулзянов работает с горячими эмалями с 1997 года. Сейчас эта техника стала ведущей в его творчестве. С первых украшений Мастер не ограничивал себя в сочетании различных технологических приемов в одном украшении. При такой философии эмаль становится инструментом практически безграничной художественной выразительности. Каждый новый замысел был для Ильгиза источником не только вдохновения, но и ряда технологических проблем, требующих своего оригинального решения.

Например, одна из первых работ – кольцо «Ночное цветение» 1997 года (рис. 1), где Мастер отказывается от контрэмали на оборотной стороне тонких дифованных лепестков, чтобы добиться естественности восприятия живых цветов. В листьях с прозрачной витражной эмалью получены тонкие цветные переходы, что является сложной технологической задачей.

Брошь «Еловые ветки» (рис. 2) изготовлена по технологии высокоточного литья по выплавляемым моделям в среде аргона, как и большинство изделий в последующие годы. Опыт моделирования этого украшения помог

при создании более сложных объемных изделий, например в подвеске-броши «Ирис со шмелями» (рис. 3), где толщина эмалевой мембраны 1,2 мм, тогда как в классических ювелирных изделиях модерна она не меньше 2,5 мм.



Рис. 1. Колье «Ночное цветение», 1997



Рис. 2. Брошь «Еловые ветки», 1998



а



б



в

Рис. 3. Подвеска-брошь «Ирис со шмелями»:

а – готовая подвеска; б – фрагмент восковой модели; в – отлитая в металле заготовка

С начала 2000-х использование разнообразных техник и цветовых возможностей эмали позволили автору постоянно расширять арсенал средств художественной выразительности. К этим техникам добавилась гравировка по золоту, что позволило расставить композиционные акценты даже в малых формах (рис. 4).

В серьгах «Ирисы после дождя» 2003 г. (рис. 5) гравированный рисунок на лепестках лишь визуально усиливает натуралистичность цветка, глубина композиции достигается за счет перехода цвета эмали на листьях и лепестках.



Рис. 4. Кольцо «Желтые ирисы», 2003



Рис. 5. Серьги «Ирисы после дождя», 2003

В кольце «Пион» 2005 года (рис. 6) Мастер впервые пробует проложить витражную эмаль на объемной форме. Чтобы сферические витражные поверхности получились как можно тоньше, а эмаль максимально прозрачной, потребовались многочисленные модельные эксперименты для понимания поведения эмали на различных этапах ее прокладывания. При этом, несмотря на эксперимент с формой, Ильгиз не отказывается от цветовых переходов в эмали на отдельных элементах.



Рис. 6. Кольцо «Пион», 2005

Еще одним примером, где Мастер хотел подчинить витражную эмаль сферической форме, можно назвать кольцо «Стрекозы» 2012 года (рис. 7).



Рис. 7. Кольцо «Стрекозы», 2012

Особое место в творчестве Мастера занимают кольца, для него это особый жанр, в котором создаются «истории». Его кольца очень разнообразны по сюжетам и мотивам декора, богатству колористической гаммы эмалей, оттенкам цвета, фактуре материалов и, наконец, камням.

Одним из первых колец, вызвавших особый интерес, был «Мак», созданный еще в 2003 году (рис. 8). На широкой куполообразной шинке из белого матированного золота эффектный графический эмалевый рисунок – красные лепестки цветка с серединой из черных бриллиантов и зеленые волнистые стебли с маковыми коробочками. С этого, на первый взгляд, простого изделия началась серьезная работа – поиск идеальной формы кольца, продолжавшийся многие годы.



Рис. 8. Кольцо «Мак», 2003

Впоследствии автор разработал несколько вариантов форм. Одной из них, используемой до сих пор, стала форма, примененная при создании колец «Маки» 2006 года и «Ирисы» 2003 года (рис. 9). В этой форме практически нет визуального разделения на шинку и декоративную часть, которые композиционно связаны между собой, за счет чего увеличивается площадь для раскрытия основного сюжета. Еще больше это единство подчеркнуто ажурным исполнением практически всей поверхности кольца.



Рис. 9. Кольца «Маки», 2006 и «Ирисы», 2003

Описанная форма развита в кольцах «Сосновая шишка» и «Ирисы» 2012–2013 годов (рис. 10). Сюжет композиционно выстроен

в двух плоскостях. За счет конусности купола кольца, ажурно вырезанной основной декоративной части и отчасти шинки сформированы две сюжетные композиции. Например, в кольце «Сосновая шишка» сверху видны хвойные иголки, эмаль которых по яркости соперничает с игрой бриллианта огранки «панделок», а сбоку резная шишка, притаившаяся под иголками, которая практически не читается сверху.



В кольце «Ирисы» цветок визуально полностью «вырастает» из шинки, сбоку видна его естественная форма без искажения заданной поверхностью кольца, что тонко и изыскано воплощено автором. При взгляде сверху лепестки не выглядят скованными формой кольца, здесь они объемные, рельефные за счет тончайших цветовых переходов в эмали лепестков.



Рис. 10. Кольца «Сосновая шишка» и «Ирисы», 2012–2013

Следующей значительной модификацией стала форма кольца, условно называемая «бокал», примененная в кольце «Репейник» 2012 года (рис. 11). Эта форма максимально соответствовала желанию Мастера передать в пластическом образе предмета ощущение глубины пространства и воздуха при любом декоративном решении. Визуализацию этого эффекта мало кто из ювелиров ставил себе как задачу в столь миниатюрном предмете, как кольцо.



Рис. 11. Кольцо «Репейник», 2012

Таким образом, следующим шагом в развитии формы стало придание ей воздушности, прозрачности, глубины. Различаются несколько планов композиции. Взгляд притягивает внутренняя часть кольца с рубинами. При попытке ее рассмотрения взгляд то и дело переключается на передний план, который также увлекает своим объемом за счет живописной эмали на изо-

браженных репейниках. При строгой жесткой форме кольца создается иллюзия, что сами репейники свободно окружают центральный камень. Это достигается за счет ажурно выполненных стеблей, где воздуха много больше, чем металла, а также перспективой живописной эмали самих репейников. Такой нетривиальный концептуальный подход ювелира позволил достичь того, чтобы универсальные по пластике и пропорциям базовые модели служили ему как полотно живописцу для выражения самых разнообразных идей.

Изготовление конкретной модели в соответствии с уникальным дизайном состоит из двух этапов: отливки восковой заготовки (базовой модели) и резьбы на ее поверхности задуманного декора. Обычный литевой воск не предназначен для резьбы, в то время как твердый модельный воск не льется в форму. Таким образом, мастер должен был найти способ литья твердого воска, пригодного для резьбы столь изощренных по своей тонкости узоров. Стандартного оборудования для такого процесса не было, и Ильгиз разработал оригинальный инжектор для литья твердого воска. Температура плавления такого воска 110...120 °С, что недостаточно для литья. Опытным путем температура поднималась до необходимой для идеального инжестирования воска в резиновую модель. Это позволило, используя полученную заготовку, резать вручную модель любой сложности, будь то ажур, рельеф или контррельеф. В резьбе по воску он достиг высочайшего уровня.

Может показаться, что работа с некоторыми универсальными базовыми модулями или в их рамках ограничивает творческую свободу художника. На самом деле найденный оригинальный метод позволяет ювелиру сосредоточиться на образной интерпретации мотивов и сюжетов.

Эта концепция с успехом реализована в таких кольцах, как «Карпы», «Крокусы»

и «Зимний лес» 2014 года (рис. 12), демонстрирующих безукоризненное владение техниками эмали. Кроме того, эти и подобные им произведения отличает чувство гармонии и целостности. Когда смотришь на них, в какой-то момент становится неважным, как и из чего они сделаны. Возникает удивительное, своеобразное метафизическое ощущение, что через эти работы ты созерцаешь нечто большее.



Рис. 12. Кольца «Карпы» (а), «Крокусы» (б), «Зимний лес» (в), 2014

Невозможно обойти вниманием комплект из кольца и серег «Бабочки» 2013 года с темными ограненными жемчужинами (рис. 13). В приглушенных тонах крыльев насекомых, сумеречном мерцании жемчужин воплощен образ солнечного затмения. Оригинально, лаконично и эстетически выразительно автор выстроил структуру украшений. Ажурная композиция каждой серьги сформирована из стилизованных эмалевых бабочек, устремленных вверх, к подвижно закрепленной жемчужине. В кольце жемчуг помещен в образованную бабочками ажурную полусферу. Ее зеркально отполированная внутренняя поверхность отражает свет, рассеивающийся в гранях жемчужины.



Рис. 13. Комплект «Бабочки», 2013

Эффект сфумато стал возможен благодаря тому, что обратная сторона бабочек выполнена без контрэмали. Традиционно в технике выемчатой эмали, в которой созданы «Бабочки», чтобы

избежать деформации, используют достаточно толстый лист металла. Однако в миниатюрной форме украшения это выглядело бы грубо. В свою очередь, слишком тонкий лист металла может деформироваться, а эмаль покрыться трещинами и отслоиться. Эмпирическим путем Мастеру удалось добиться идеального эмалевого покрытия без контрэмали, что лишним раз свидетельствует о его высоком профессионализме. Кольцо «Репейник» – еще один пример, где не используется контрэмаль (рис. 14).



Рис. 14. Кольцо «Репейник», 2014

Хорошими примерами для демонстрации технологических решений можно назвать колье и кольцо с витражной эмалью «Стрекозы на репейнике» 2013–2014 годов (рис. 15).

Легкость и эстетическое изящество этих украшений строятся на скрупулезной и многодельной работе. Крылья стрекоз в витражной эмали выполнены так, что даже искусственному

в особенностях технологии человеку это кажется почти невозможным. Высота металла в контурах крыльев и, соответственно, толщина эмалевой мембраны рекордно тонкая – 1 мм. К тому же ширина металлического контура невидимого сечения на оборотной стороне крыльев 0,15...0,2 мм и почти не воспринимается глазом.

Художественный поиск, технологические задачи и решения, принимаемые в ходе работы, позволяют Мастеру создавать современные ювелирные украшения, на первый взгляд, не скованные сложнейшими техниками.

Кроме того, в украшениях Ильгиза Фазулзянова нарочито не стоит на первом плане эффект от сложности, многодельности в создании украшения. Художник пользуется всеми дос-

тупными техниками, сочетанием цвета и света, композиции и сюжета для воплощения задуманной идеи, оставляя за кадром сложности поиска и технологические эксперименты.

#### ВЫВОДЫ

Даже весьма ограниченная ретроспектива ювелирных украшений Ильгиза Фазулзянова свидетельствует о том, что для решения сложных дизайнерских задач необходима кропотливая и весьма трудозатратная, не видимая зрителю работа по решению комплекса технологических проблем. С этими проблемами Мастер с успехом справился, подарив феерию великолепных работ с горячими эмалями.



Рис. 15. Колье и кольцо «Стрекозы на репейнике», 2013–2014

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
2. Лебедева Т. В., Галанин С. И. Декоративные эффекты при горячем эмалировании : монография. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2016. – 99 с.
3. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Проблемы дизайна отечественных ювелирных изделий // Дизайн. Теория и практика. 2011. Вып. 6. С. 62–70.
4. Галанин С. И., Колупаев К. Н., Доберштейн В. Ю. Особенности дизайна ювелирных изделий в условиях создания бренда, брендинга и брендирования // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2017. № 1. С. 12–19.

## REFERENCES

1. Galanin S. I. Decorating the surface of jewelry // Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design. 2018;2:5–6. (In Russ.)
2. Lebedeva T. V., Galanin S. I. Decorative effects in hot enameling. Kostroma, Kostroma St. Technolog. Univ. Publ., 2016. 99 p.
3. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Problems of Design of Domestic Jewellery. Design. Theory and practice. 2011;6:62–70. (In Russ.)
4. Galanin S. I., Kolupaev K. N., Doberstein V. Yu. Features of the design of jewelry in the creation of the brand, branding and branding. Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design. 2017;1:12–19. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 15.11.2021  
Принята к публикации 19.05.2022



## 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, druses, 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](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](http://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 – № 2(56)

ИЮНЬ

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**Учредитель и издатель:**

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

**Главный редактор**

СМИРНОВА СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА

кандидат технических наук, доцент

Издается с 1999 года

*Журнал зарегистрирован*

*Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
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 22.06.2022. Дата выхода в свет 25.08.2022. Формат бумаги 60×90 1/8.

Печать трафаретная. Печ. л. 9,0. Заказ 110. 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